

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Naoya MASHIO, et al.

GAU:

SERIAL NO: NEW APPLICATION

EXAMINER:

FILED: HERewith

FOR: THERMAL INFRARED DETECTOR AND INFRARED IMAGE SENSOR USING THE SAME

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number _____, filed _____, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e):
Application No. _____ Date Filed _____

☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

COUNTRY

Japan

APPLICATION NUMBER

2002-246006

MONTH/DAY/YEAR

August 26, 2002

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. _____ filed _____
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number _____
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. _____ filed _____; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s) _____
- ☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

C. Irvin McClelland
Registration Number 21,124



22850

ない。この開示から当業者には様々な代替実施の形態、実施例及び運用技術が明らかとなろう。

【 0 0 7 4 】

既に述べた第 1 ～ 第 5 の実施の形態の説明においては、導電性可動部 $M_{i-1,j-1}$, $M_{i-1,j}$, \dots , $M_{i,j-1}$, $M_{i,j}$ として金属材料を用いているが、導電性可動部 $M_{i-1,j-1}$, $M_{i-1,j}$, \dots , $M_{i,j-1}$, $M_{i,j}$ の一部に制御電極 37 によって引力を発生する材料が使ってあれば良い。又、導電性可動部 $M_{i-1,j-1}$, $M_{i-1,j}$, \dots , $M_{i,j-1}$, $M_{i,j}$ には 0 V の電圧を印加しているが、フローティングしていても良く、機械的スイッチング素子が第 1 ～ 第 5 の実施の形態と同様の動作となるならば制御電極 37 と導電性可動部 $M_{i-1,j-1}$, $M_{i-1,j}$, \dots , $M_{i,j-1}$, $M_{i,j}$ に与える電圧の組み合わせは自由である。

【 0 0 7 5 】

既に述べた第 1 ～ 第 5 の実施の形態の説明においては、ブランキング状態で、片持ち梁構造の導電性可動部 $M_{i,j-1}$ を撓ませ、導電性可動部 $M_{i,j-1}$ と検知部 $X_{i,j-1}$ を接触状態にし、検知部 $X_{i,j-1}$ に蓄積された熱を熱伝導で放出する場合について説明した。しかし、導電性可動部 $M_{i,j-1}$ と検知部 $X_{i,j-1}$ とを完全な接触状態にせず、0.5 ～ 0.1 μm 程度、若しくはこれ以下のマイクロなギャップ（間隙部）を介して近接するような機械的スイッチング素子としても、導電性可動部 $M_{i,j-1}$ と検知部 $X_{i,j-1}$ との間に輻射による熱の流れが形成出来る。輻射による熱の流れは、熱伝導に比し小さいので、図 3 や図 26 に示す熱抵抗 $r_{i-1,j-1}$, $r_{i-1,j}$, \dots , $r_{i,j-1}$, $r_{i,j}$ の値は大きくなる。しかし、導電性可動部 $M_{i,j-1}$ と検知部 $X_{i,j-1}$ とが機械的に接触することによる物理的疲労が回避出来るので、熱型赤外線撮像装置の長寿命化に効果がある。導電性可動部 $M_{i,j-1}$ と検知部 $X_{i,j-1}$ との間のマイクロなギャップを確保するためには、所定の高さのスペーサを導電性可動部 $M_{i,j-1}$ と支持基板（単結晶 Si）1 の表面の間に設けておけば良い。

【 0 0 7 6 】

既に述べた第 1 ～ 第 5 の実施の形態の説明においては、垂直信号線及び水平アドレス線とからなる X-Y マトリクスを構成した 2 次元赤外線撮像装置（エリア型

赤外線撮像装置) について説明した。しかし、水平アドレス線を 1 本のままとして、1 次元赤外線撮像装置 (ライン型赤外線撮像装置) としても良いことは勿論である。

【0077】

この様に、本発明はここでは記載していない様々な実施の形態等を含むことは勿論である。したがって、本発明の技術的範囲は上記の説明から妥当な特許請求の範囲に係る発明特定事項によってのみ定められるものである。

【0078】

【発明の効果】

本発明によれば、フレームレートを上昇させても感度を低下させることなく、且つ自己加熱現象による熱破壊を起こすことがない熱型赤外線撮像装置を提供することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施の形態に係る赤外線撮像装置の画素の配列の一部 (2×2 部分) を示す平面図である。

【図2】

図2 (a) は図1のA-A方向に沿った断面図で、図2 (b) はB-B方向に沿った断面図である。

【図3】

本発明の第1の実施の形態に係る赤外線撮像装置 (センサアレイ) の周辺回路を含めた簡略化した等価回路である。

【図4】

本発明の第1の実施の形態に係る赤外線撮像装置における垂直信号線に印加される読み出し電圧と、制御用電極配線に印加される制御用電極電圧との関係を示すタイミングチャートである。

【図5】

本発明の第1の実施の形態に係る赤外線撮像装置における検知部の温度の時間的な変化を示す図である。

【図 6】

本発明の第 1 の実施の形態に係る赤外線撮像装置における片持ち梁構造の可動部による熱の流れを検討するための片持ち梁構造の寸法を例示する模式図である。

【図 7】

本発明の第 1 の実施の形態に係る赤外線撮像装置の製造方法を説明する工程断面図である（その 1）。

【図 8】

本発明の第 1 の実施の形態に係る赤外線撮像装置の製造方法を説明する工程断面図である（その 2）。

【図 9】

本発明の第 1 の実施の形態に係る赤外線撮像装置の製造方法を説明する工程断面図である（その 3）。

【図 1 0】

本発明の第 1 の実施の形態に係る赤外線撮像装置の製造方法を説明する工程断面図である（その 4）。

【図 1 1】

本発明の第 1 の実施の形態に係る赤外線撮像装置の製造方法を説明する工程断面図である（その 5）。

【図 1 2】

本発明の第 1 の実施の形態に係る赤外線撮像装置の製造方法を説明する工程断面図である（その 6）。

【図 1 3】

本発明の第 1 の実施の形態に係る赤外線撮像装置の製造方法を説明する工程断面図である（その 7）。

【図 1 4】

本発明の第 1 の実施の形態に係る赤外線撮像装置の製造方法を説明する工程断面図である（その 8）。

【図 1 5】

本発明の第 1 の実施の形態の変形例（第 1 の変形例）に係る赤外線撮像装置の製造方法を説明する工程断面図である（その 1）。

【図 1 6】

本発明の第 1 の実施の形態の変形例（第 1 の変形例）に係る赤外線撮像装置の製造方法を説明する工程断面図である（その 2）。

【図 1 7】

本発明の第 1 の実施の形態の他の変形例（第 2 の変形例）に係る赤外線撮像装置の画素の断面図である。

【図 1 8】

本発明の第 2 の実施の形態に係る赤外線撮像装置の画素の配列の一部（ 2×2 部分）を示す平面図である。

【図 1 9】

図 1 8 の B - B 方向に沿った断面図である。

【図 2 0】

本発明の第 3 の実施の形態に係る赤外線撮像装置の画素の配列の一部（ 2×2 部分）を示す平面図である。

【図 2 1】

図 2 0 の B - B 方向に沿った断面図である。

【図 2 2】

本発明の第 4 の実施の形態に係る赤外線撮像装置の画素の配列の一部（ 2×2 部分）を示す平面図である。

【図 2 3】

図 2 2 の B - B 方向に沿った断面図である。

【図 2 4】

本発明の第 5 の実施の形態に係る赤外線撮像装置の画素の配列の一部（ 2×2 部分）を示す平面図である。

【図 2 5】

図 2 5（a）は図 2 4 の A - A 方向に沿った断面図で、図 2 5（b）は B - B 方向に沿った断面図である。

【図 2 6】

本発明の第 5 の実施の形態に係る赤外線撮像装置（センサアレイ）の周辺回路を含めた簡略化した等価回路である。

【図 2 7】

従来の熱型赤外線撮像装置における自己加熱現象による検知部の温度の時間的な変化を示す図である（フレームレートが低い場合。）。。

【図 2 8】

従来の熱型赤外線撮像装置における自己加熱現象による検知部の温度の時間的な変化を示す図である（フレームレートが高い場合。）。。

画素の配列の一部を示す平面図である。

【符号の説明】

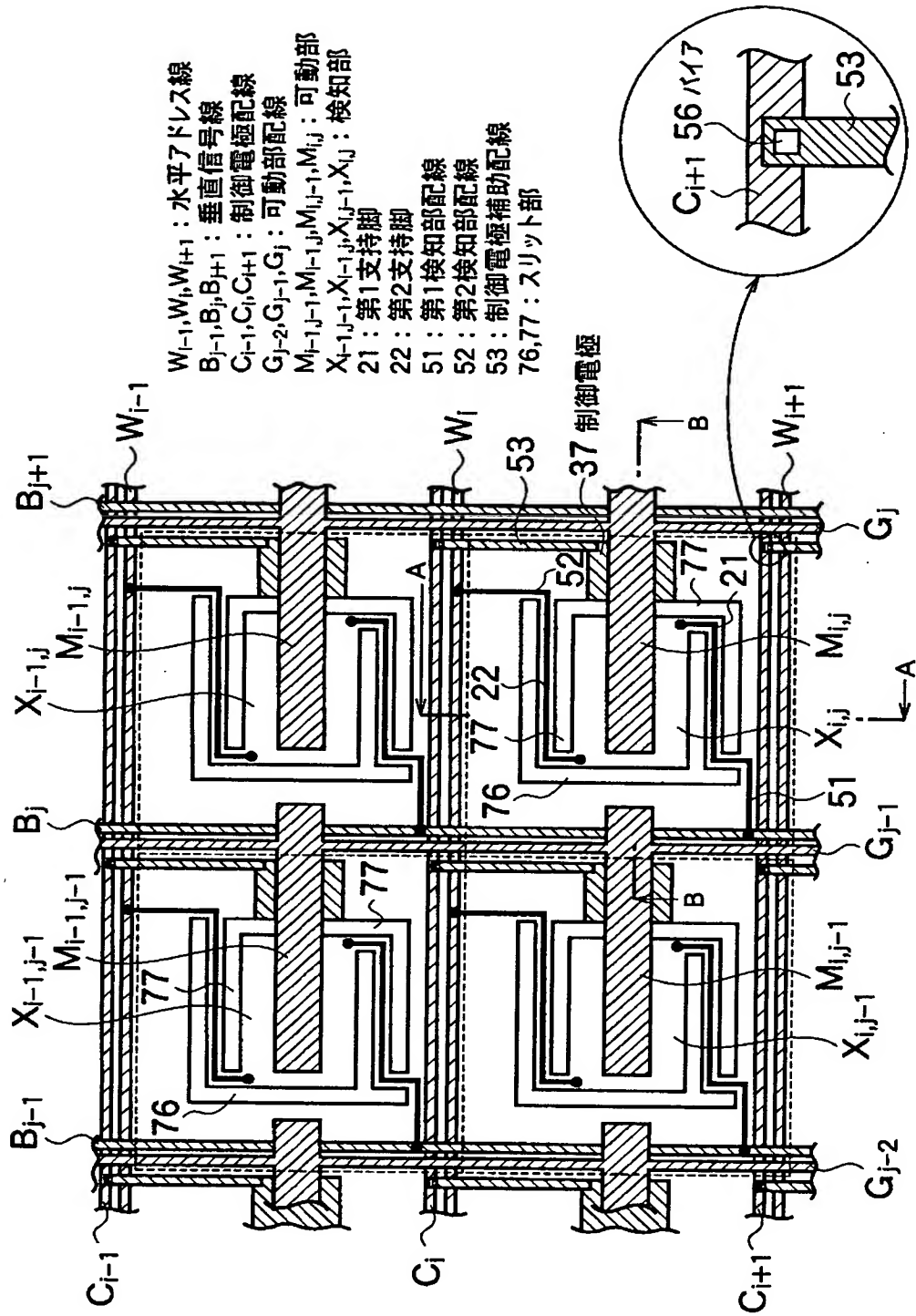
- 1 支持基板（単結晶 S i）
- 2 埋め込み酸化膜
- 3 単結晶 S i 層
- 4 素子分離酸化膜
- 5, 7 6 a, 7 6 b, 7 7 a, 7 7 b 溝部
- 6 第 1 犠牲 S i 膜
- 7 第 2 犠牲 S i 膜
- 2 1 第 1 支持脚
- 2 2 第 2 支持脚
- 3 1 基体（S i 基板）
- 3 2 下地酸化膜
- 3 3 酸化膜
- 3 3 a 第 1 層間絶縁膜（酸化膜）
- 3 3 b 第 2 層間絶縁膜（酸化膜）
- 3 4 窒化膜（第 3 層間絶縁膜）
- 3 5 鞘層
- 3 6 犠牲ポリシリコン膜
- 3 7, 3 8 制御電極

- 3 7 a, 3 7 b, 3 7 c 溝部
- 4 1 熱電変換部 (単結晶 S i 層又はボロメータポリシリコン)
- 4 2 赤外線吸収層
- 5 1 第 1 検知部配線
- 5 2 第 2 検知部配線
- 5 3 制御電極補助配線
- 5 4 a, 5 4 b, 5 4 c, 5 4 d 支持部
- 5 5 空洞形成用ポリシリコン
- 6 1 第 1 検知部配線形成用溝部
- 6 2 熱電変換部形成用溝部
- 6 3 第 2 検知部配線形成用溝部
- 6 4 金属膜
- 7 6, 7 7 スリット部
- 8 3 フォトレジスト
- 7 1 ソース領域
- 7 2 ドレイン領域
- 7 3 ゲート電極 7 3
- 7 4 ゲート酸化膜
- 1 0 1 垂直アドレス回路
- 1 0 2 水平アドレス回路
- 1 0 3 可動部ドライバ
- 1 0 4 水平信号線
- 1 0 5 定電流源
- A_{j-1}, A_j, A_{j+1} 増幅読み出し回路
- B_{j-1}, B_j, B_{j+1} 垂直信号線
- $C_{cj-1}, C_{cj}, C_{cj+1}$ 結合容量
- C_{i-1}, C_i, C_{i+1} 制御電極配線
- Cs_{j-1}, Cs_j, Cs_{j+1} 蓄積容量
- G_{j-1}, G_j, G_{j+1} 可動部配線

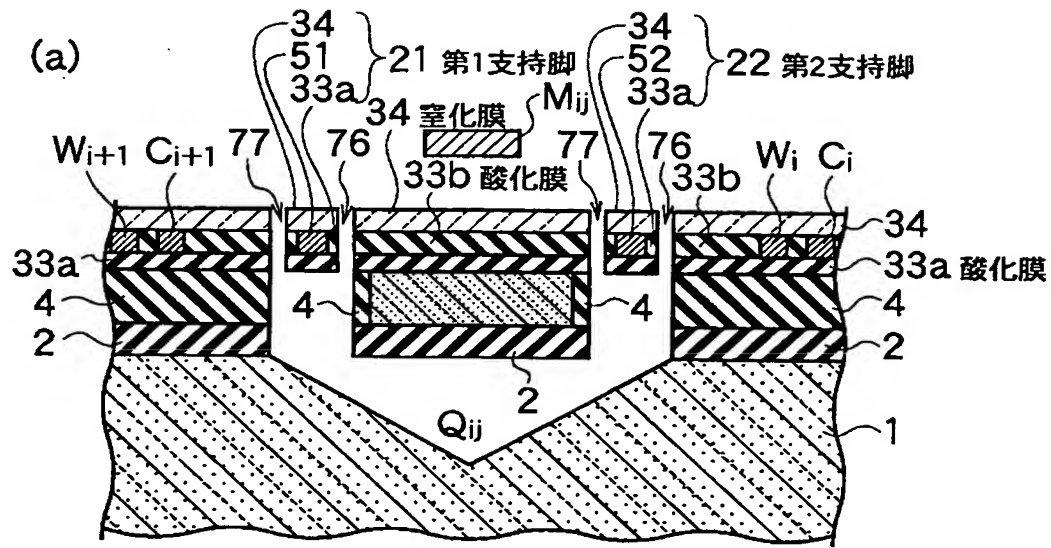
H_{j-1}, H_j, H_{j+1} 水平選択線
 $M_{i-1,j-1}, M_{i-1,j}, \dots, M_{i,j-1}, M_{i,j}$ 可動部
 W_{i-1}, W_i, W_{i+1} 水平アドレス線
 $Q_{i,j-1}, Q_{i,j}$ 微少空洞領域
 $r_{i-1,j-1}, r_{i-1,j}, \dots, r_{i,j-1}, r_{i,j}$ 抵抗
 S_{j-1}, S_j, S_{j+1} 水平スイッチトランジスタ
 $T_{i-1,j-1}, T_{i-1,j}, T_{i,j-1}, T_{i,j}$ 垂直スイッチングトランジスタ
 $T_{dj-1}, T_{dj}, T_{dj+1}$ 負荷MOSトランジスタ
 $T_{Aj-1}, T_{Aj}, T_{Aj+1}$ 増幅トランジスタ
 $T_{Rj-1}, T_{Rj}, T_{Rj+1}$ リセットトランジスタ
 $T_{Sj-1}, T_{Sj}, T_{Sj+1}$ サンプルトランジスタ
 $X_{i-1,j-1}, X_{i-1,j}, \dots, X_{i,j-1}, X_{i,j}$ 検知部

【書類名】 図面

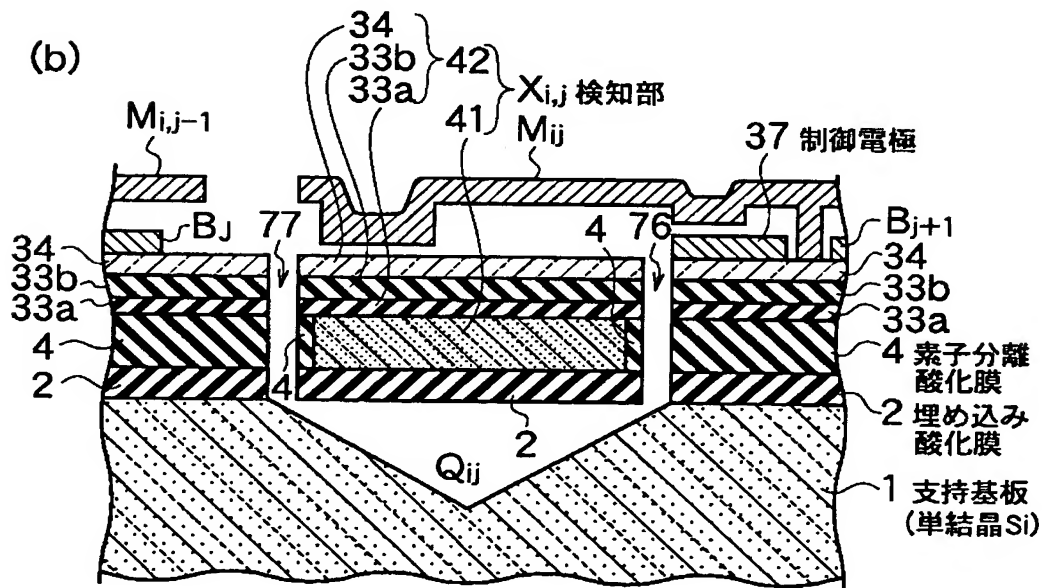
【図 1】



【図 2】

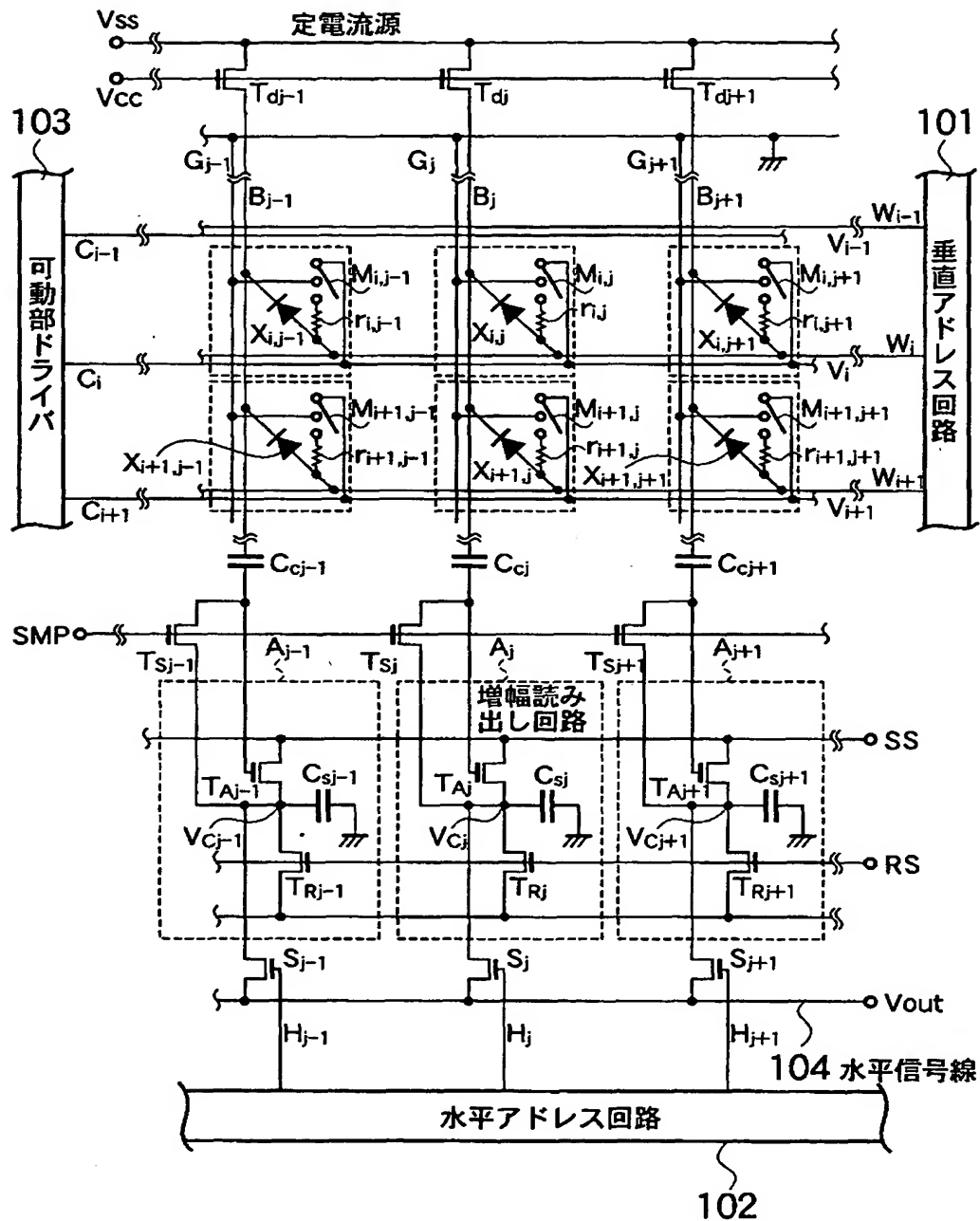


W_{i+1}, W_i : 水平アドレス線
 C_{i+1}, C_i : 制御電極配線
 76, 77 : スリット部

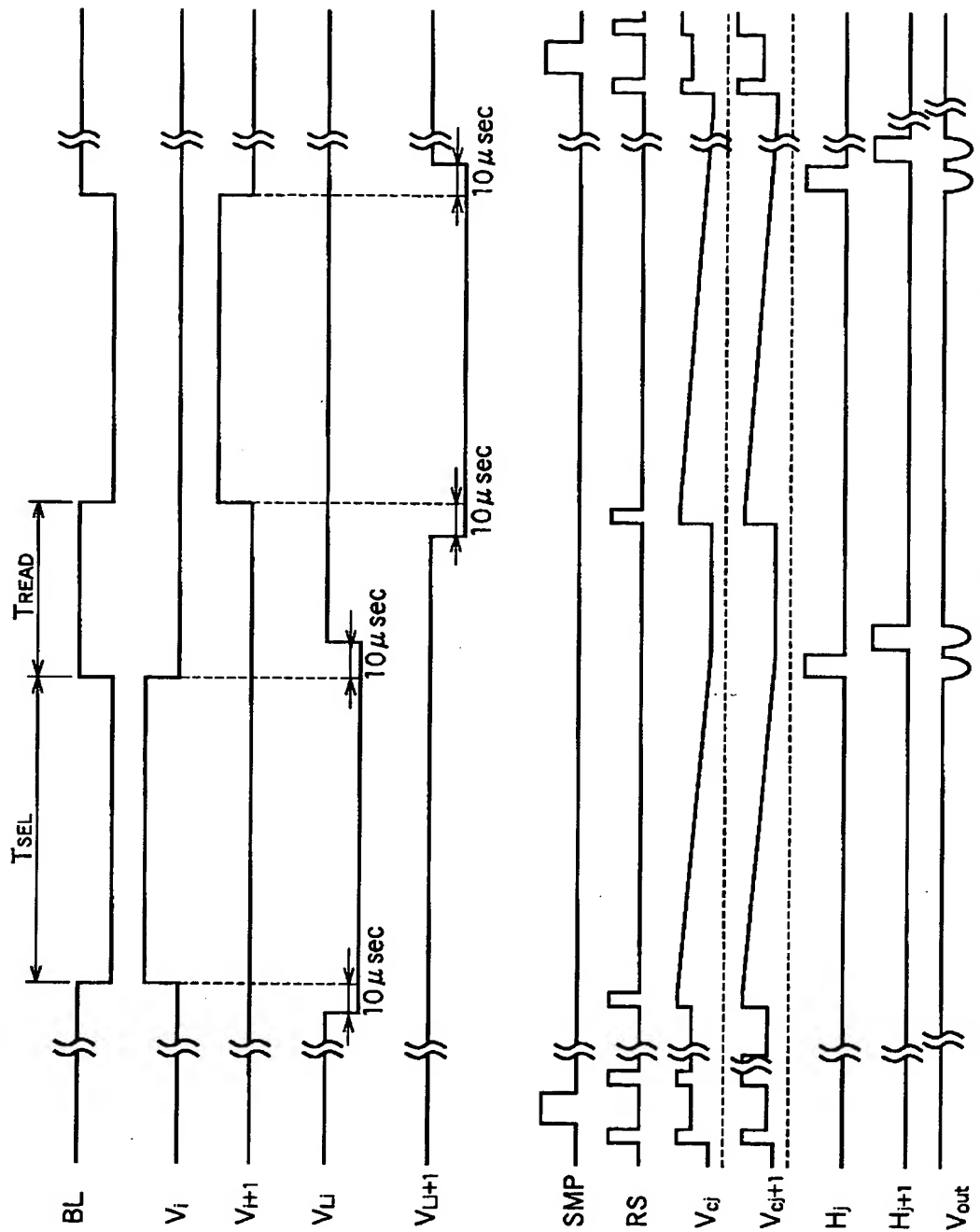


41 : 熱電変換部(単結晶Si)
 42 : 赤外線吸収層
 Q_{ij} : 微小空洞領域
 B_j, B_{j+1} : 垂直信号線

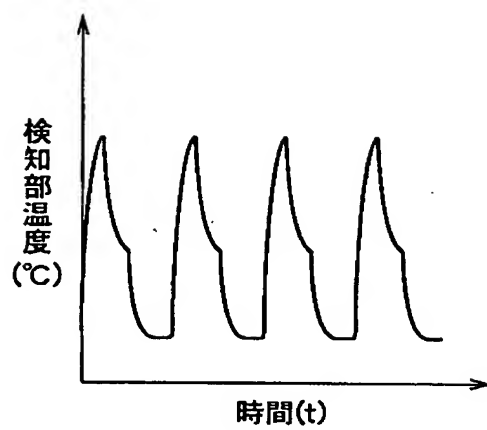
【図 3】



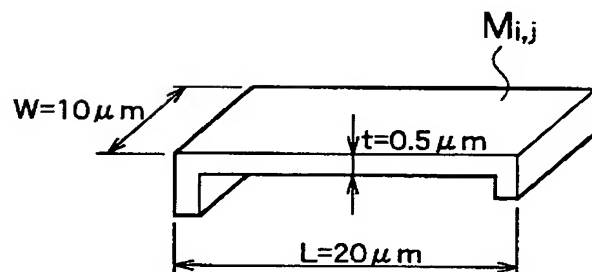
【図 4】



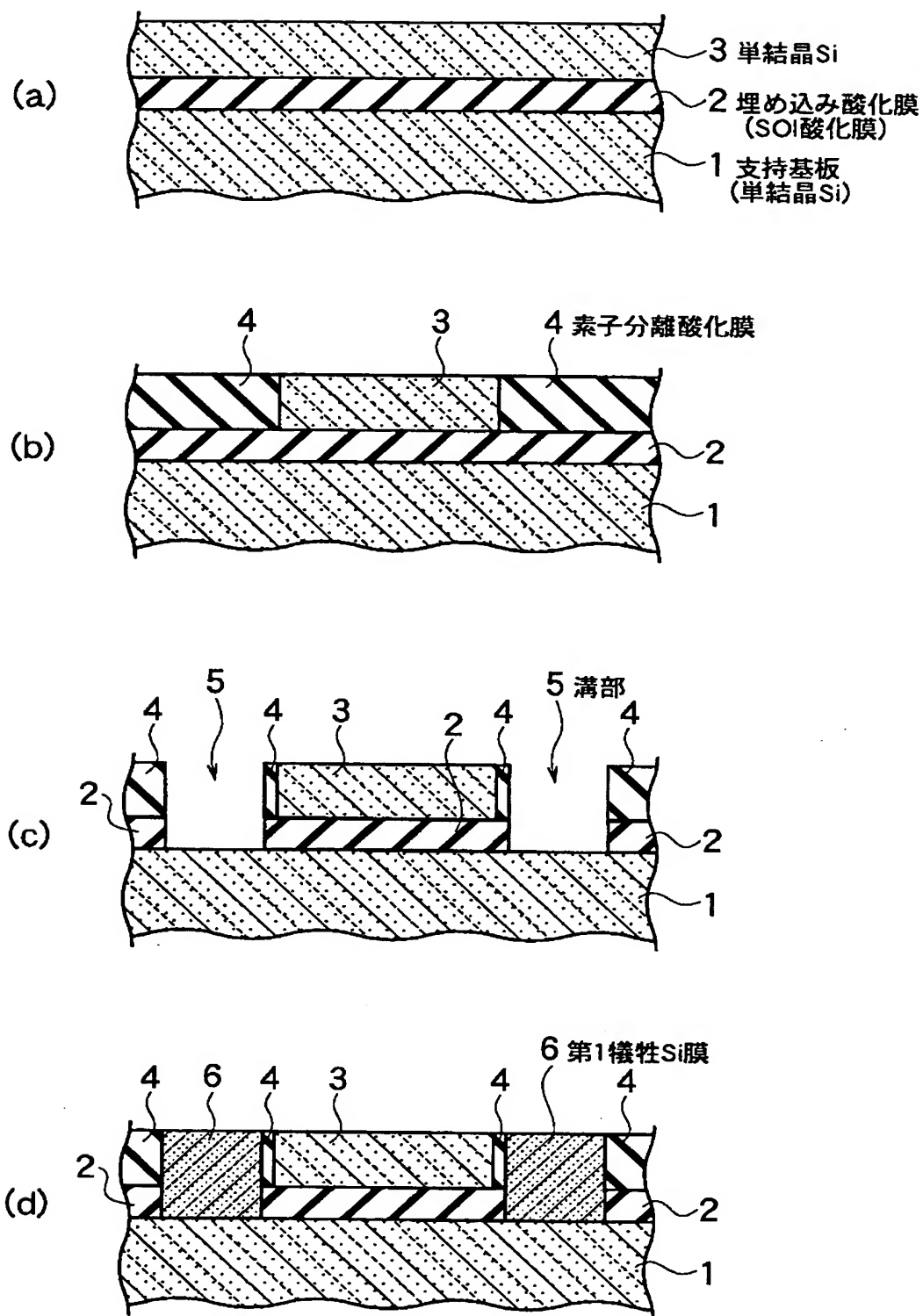
【図 5】



【図 6】

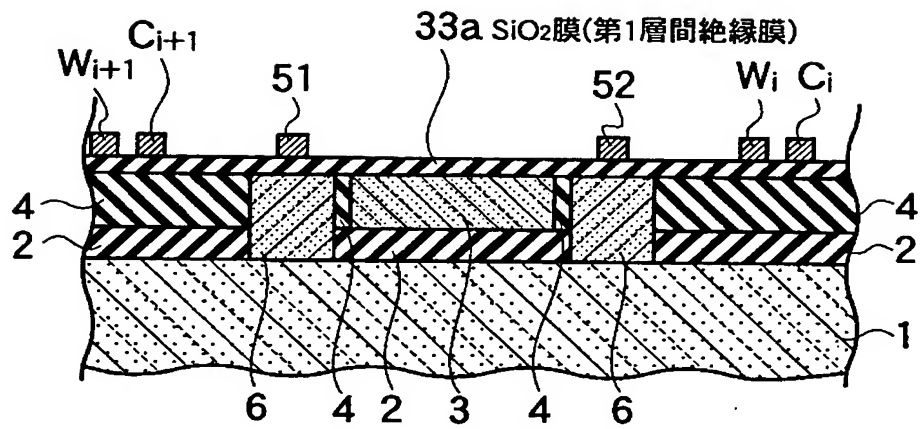


【図 7】

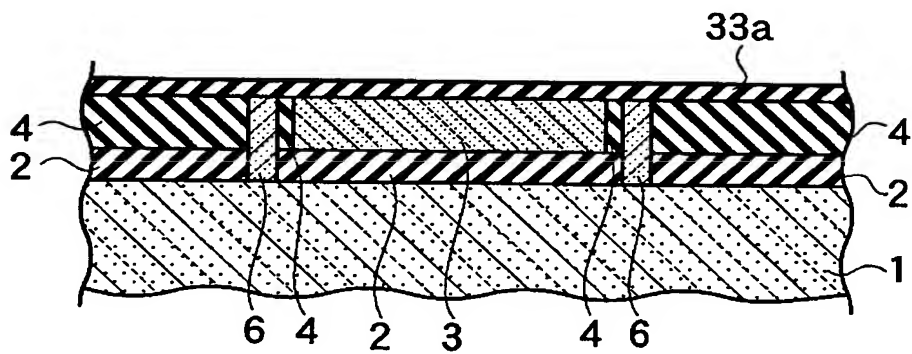


【図 8】

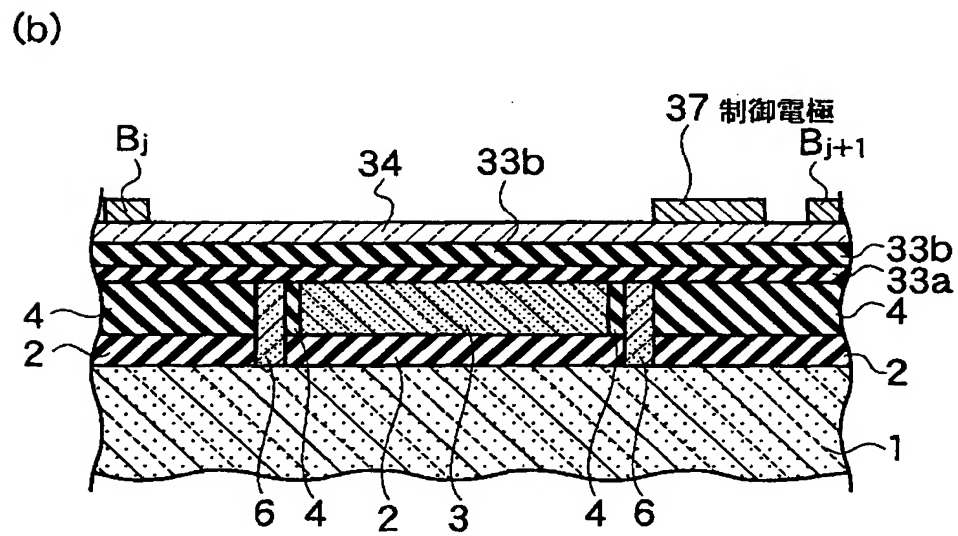
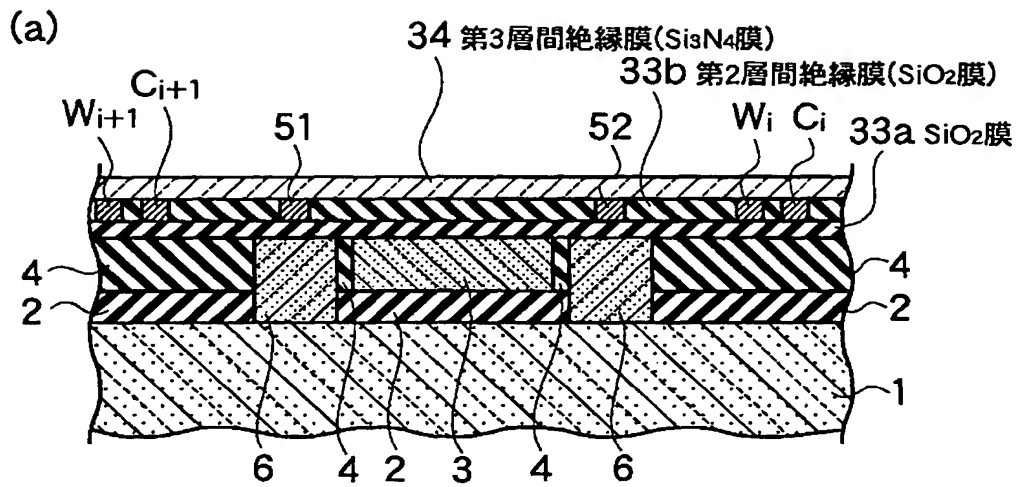
(a)



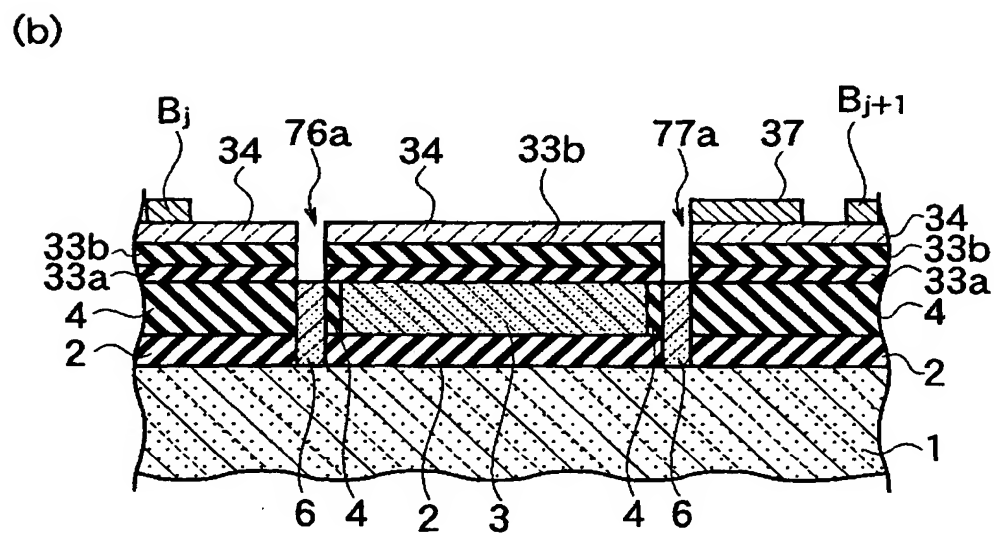
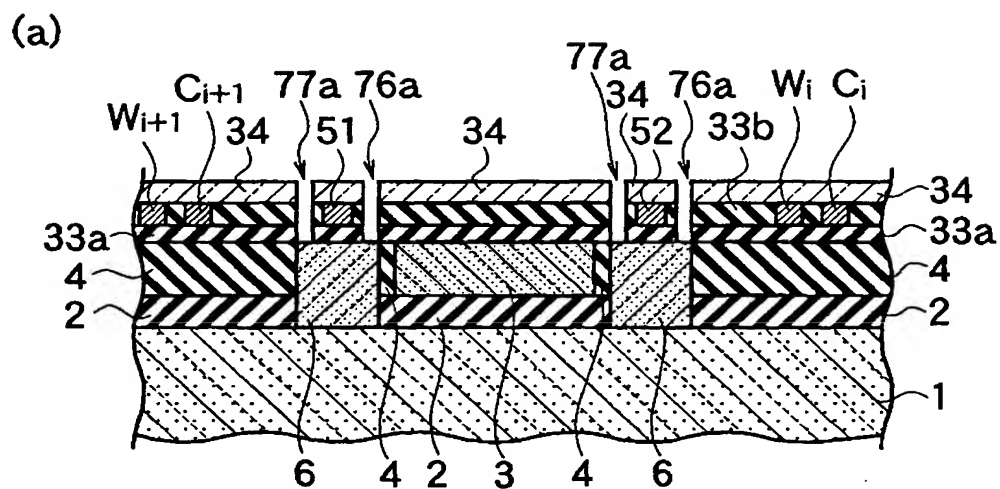
(b)



【図 9】

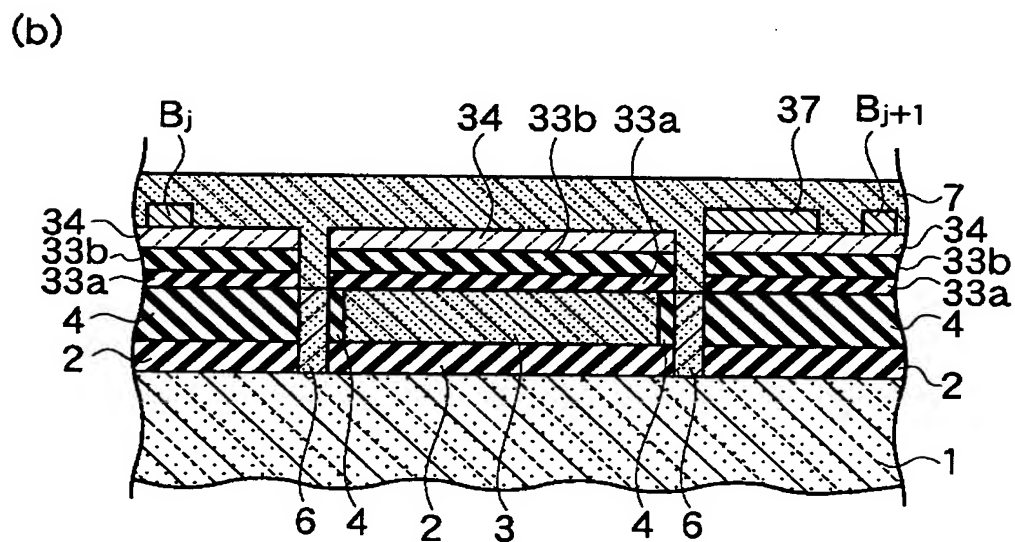
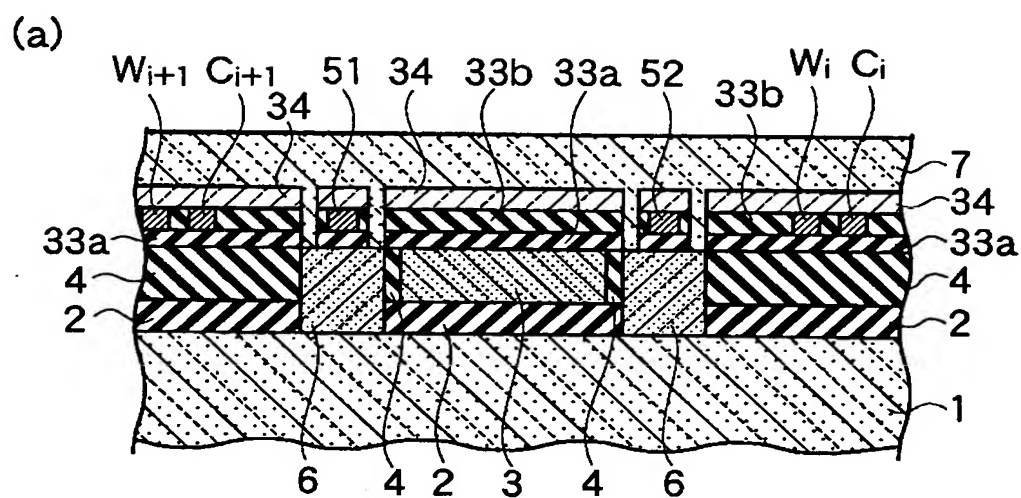


【図10】

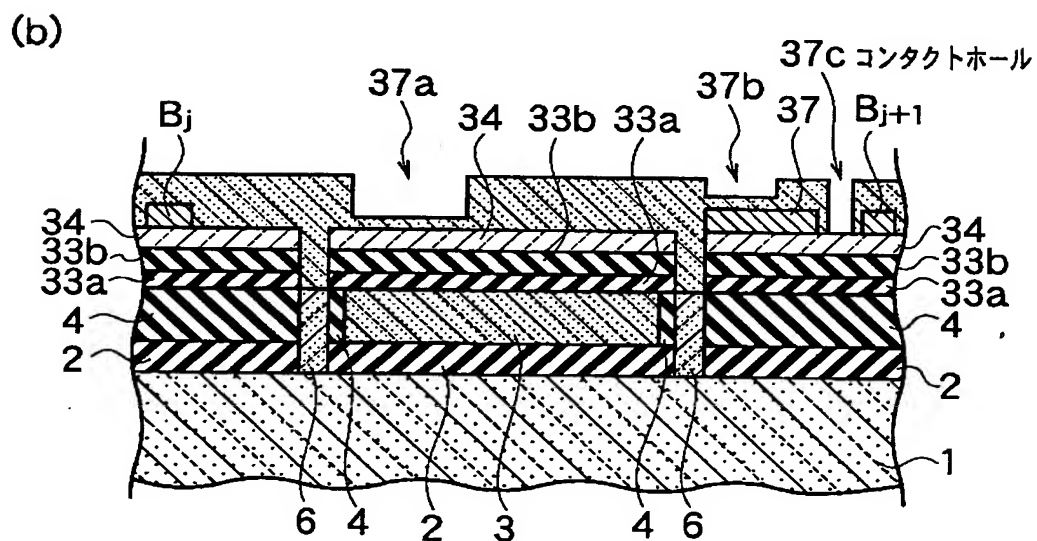
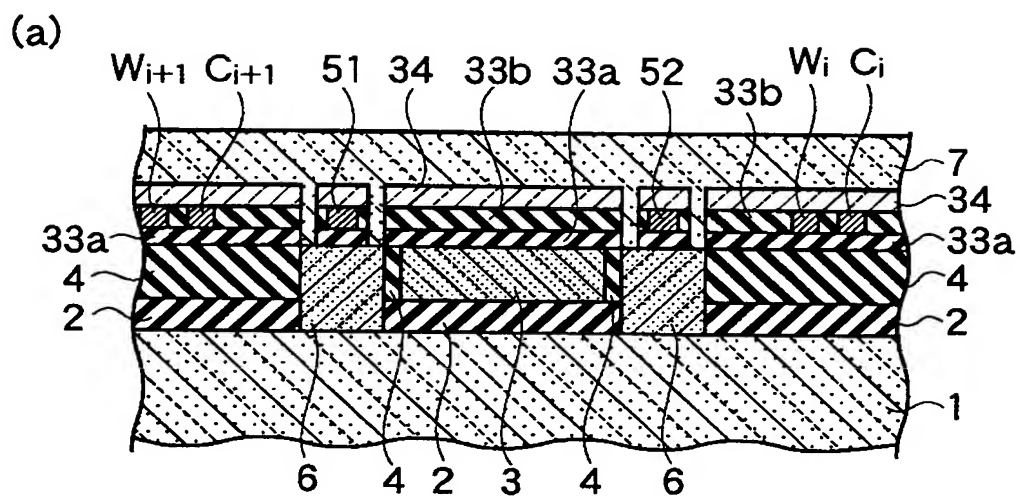


76a, 77a : 溝部

【図 1 1】

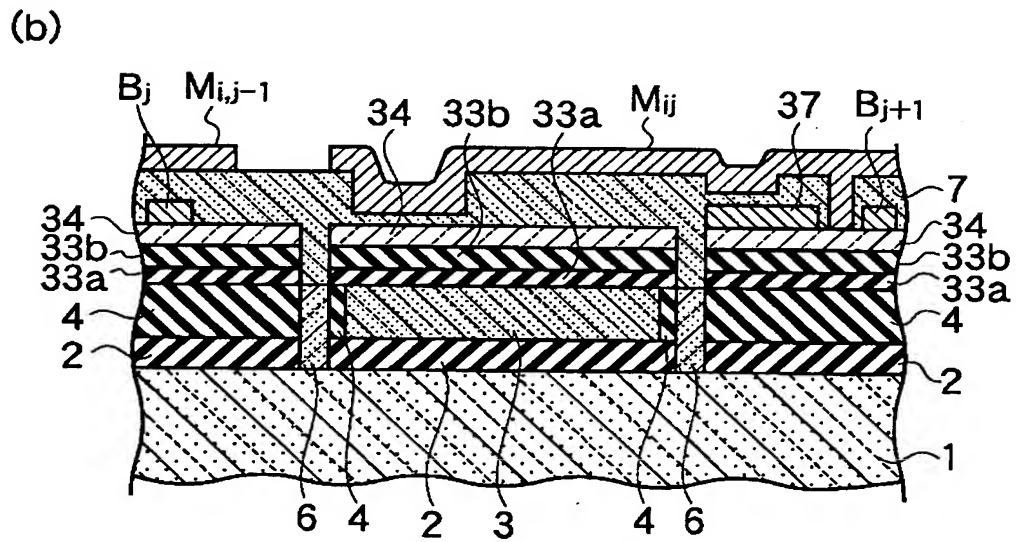
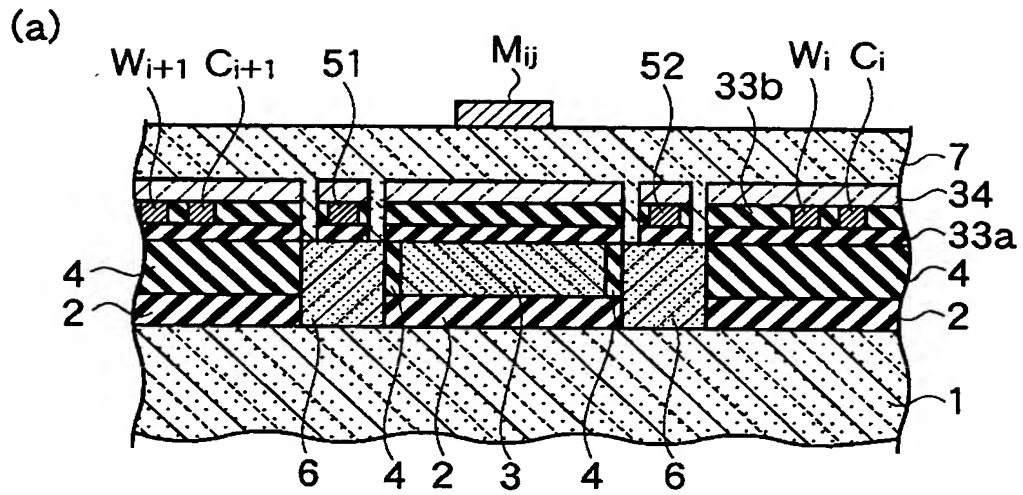


【図 1 2】



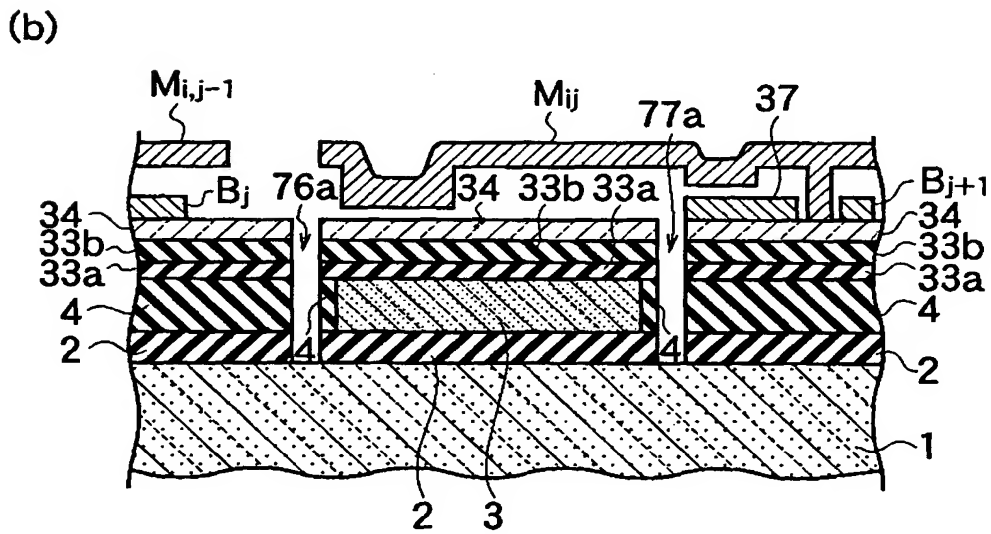
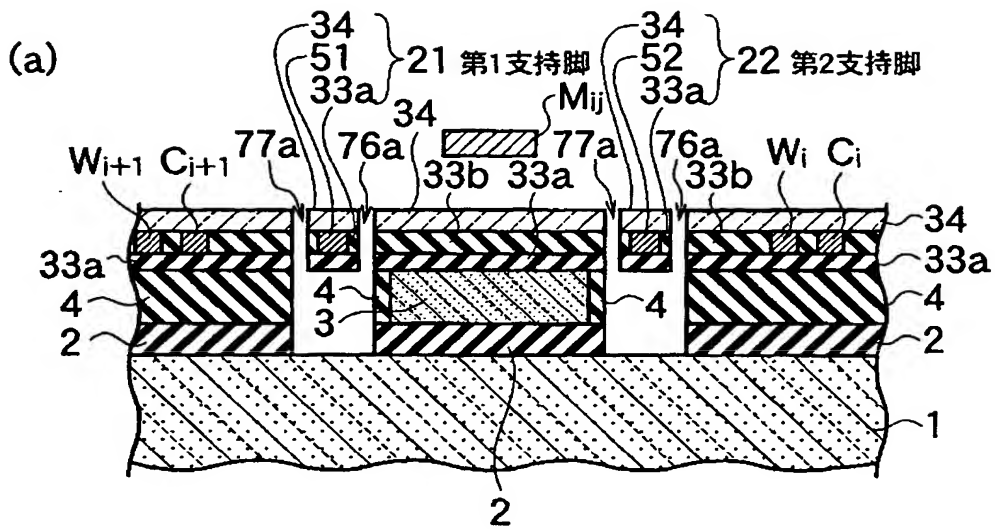
37a, 37b : 溝部

【図 1 3】



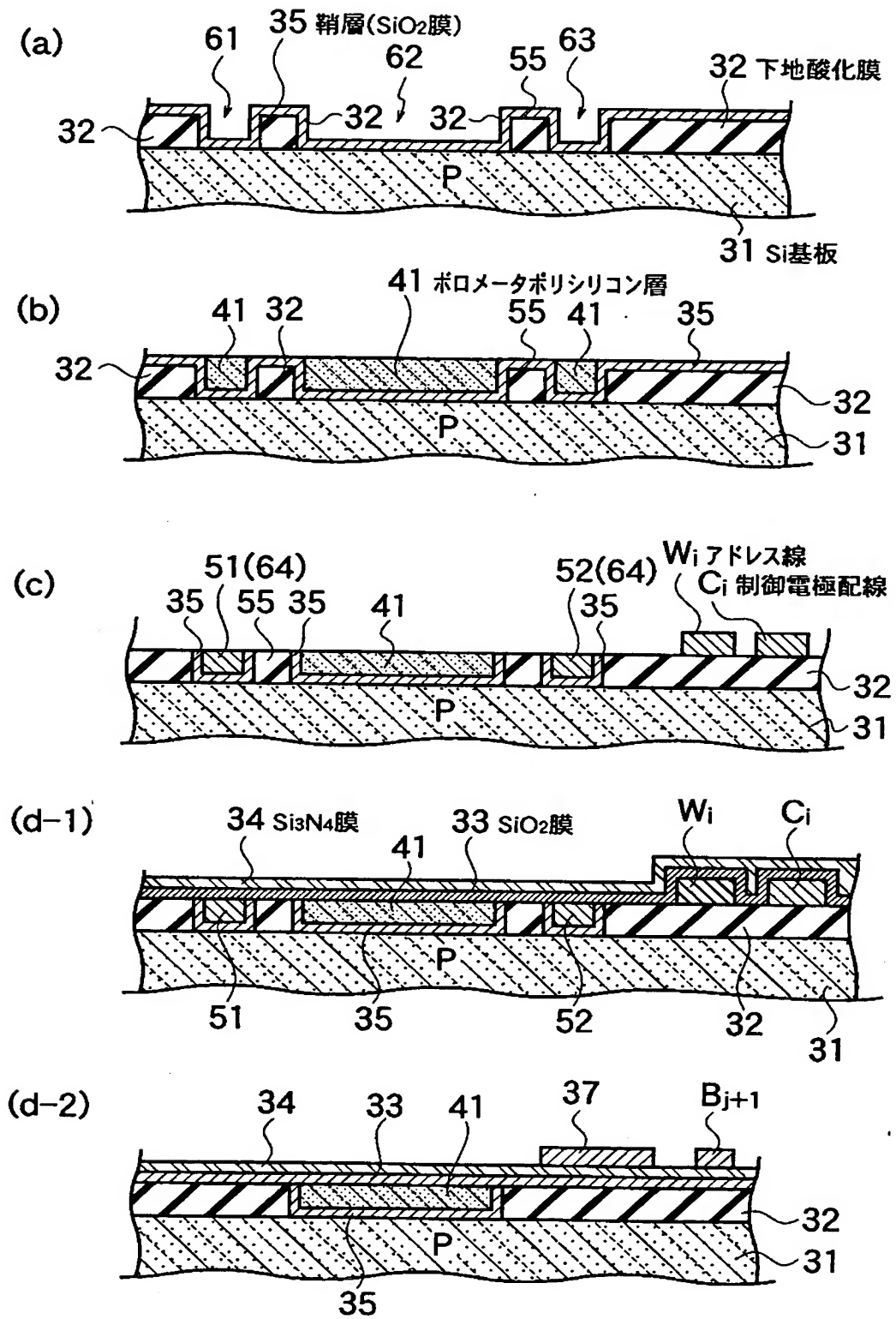
$M_{i,j-1}, M_{i,j}$: 可動部

【図 14】

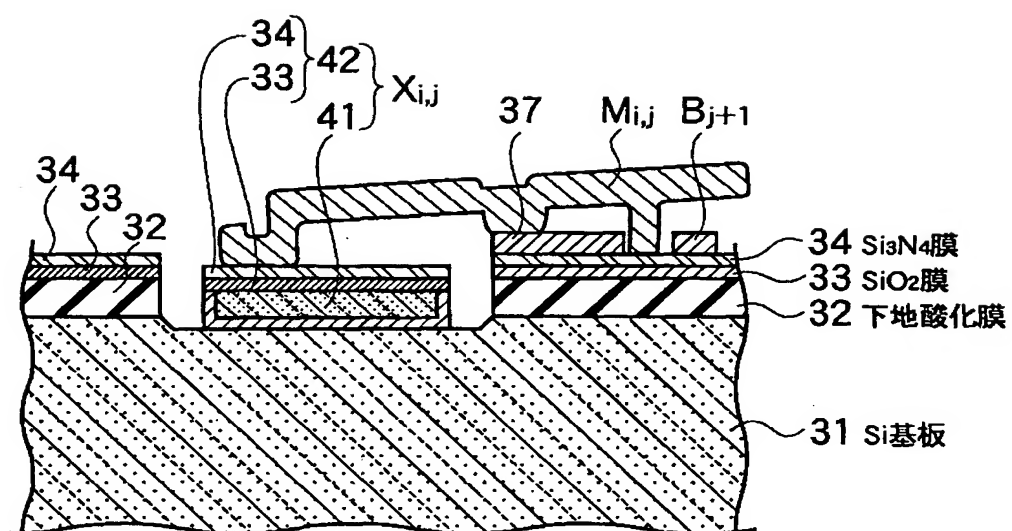


76b,77b : 溝部

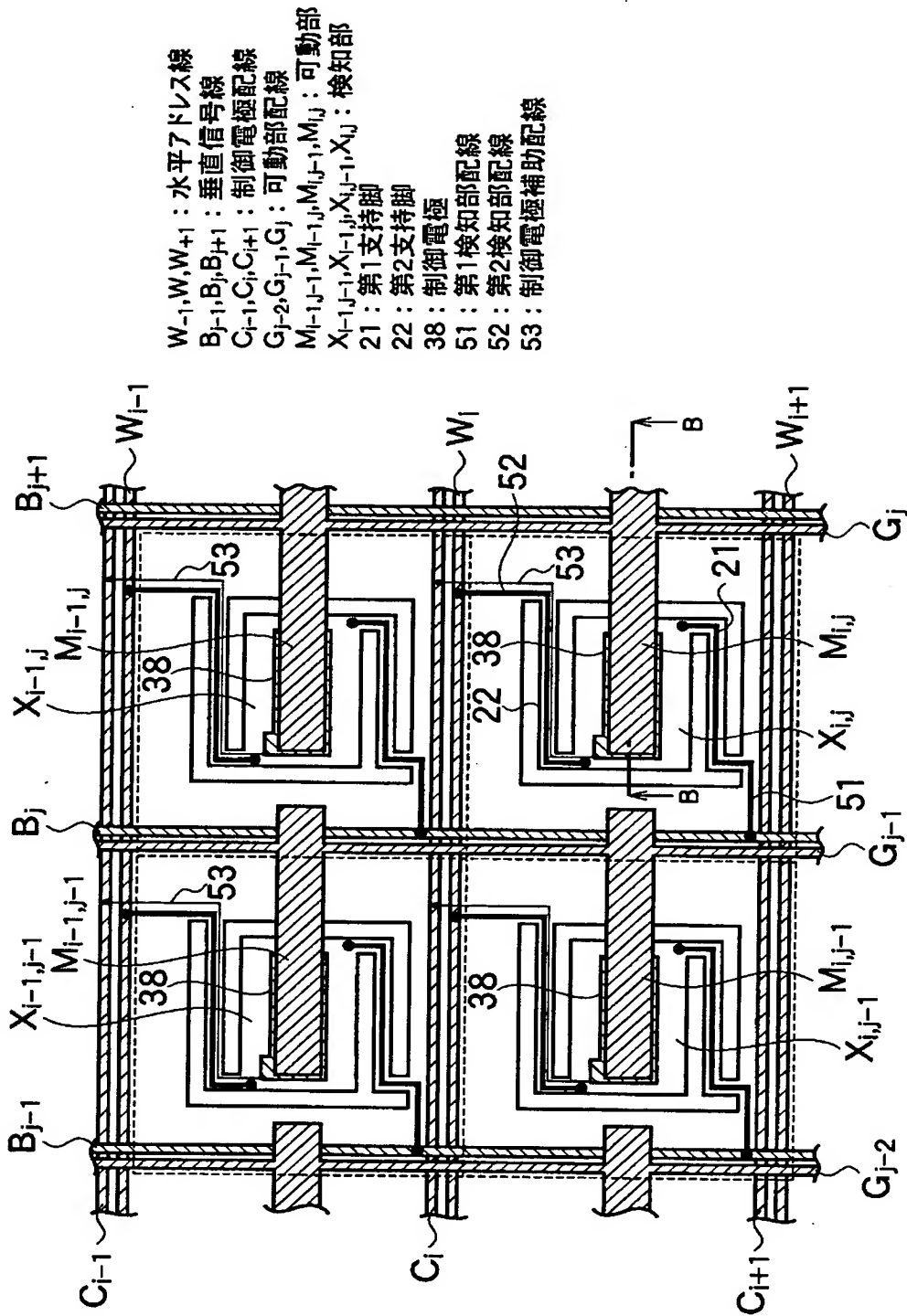
【図15】



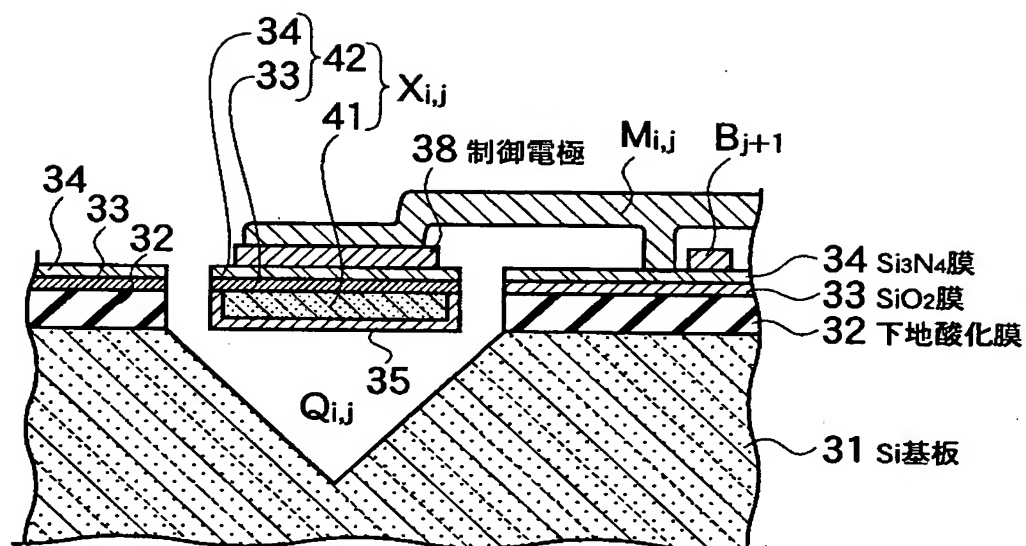
【図 1 7】



【図 18】

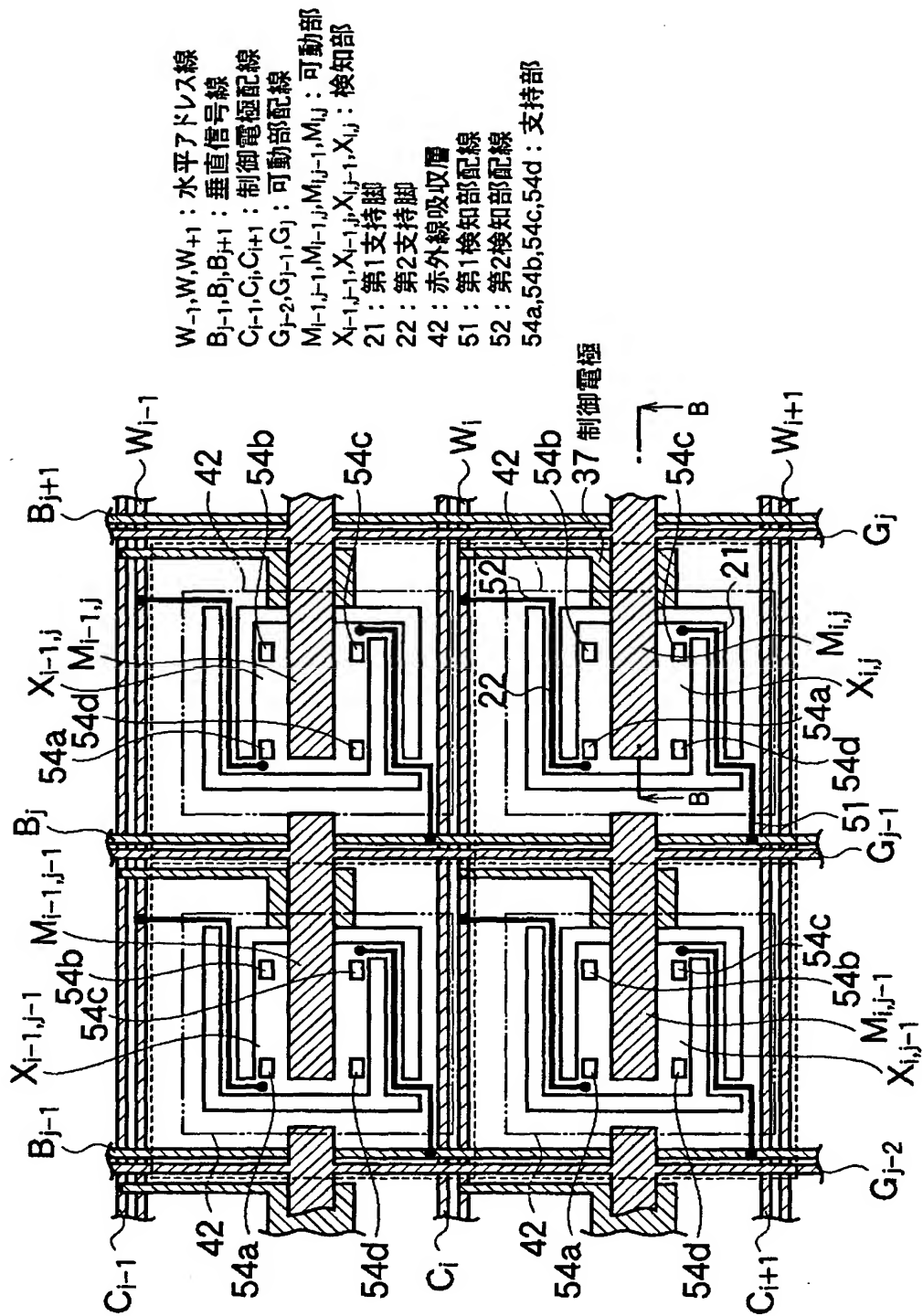


【図 19】

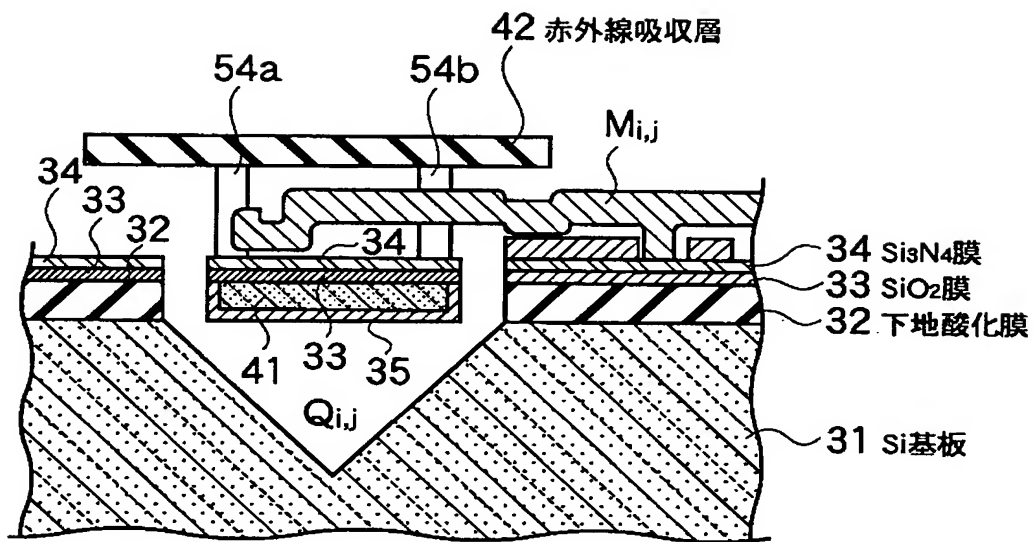


B_{j+1} : 垂直信号線
 M_{ij} : 可動部
 X_{ij} : 検知部
41 : 熱電変換部
42 : 赤外線吸収層
35 : 鞘層

【図20】

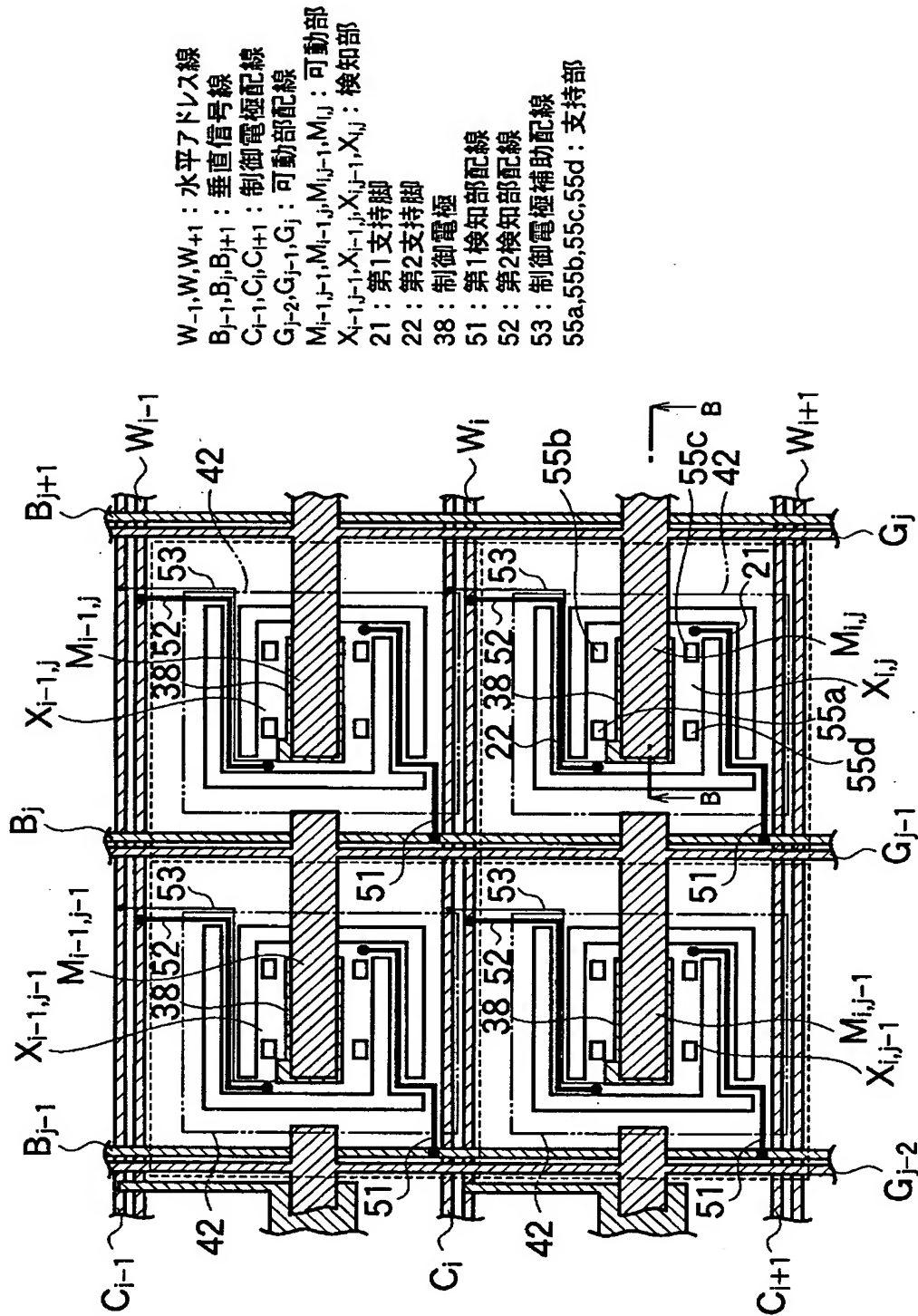


【図 2 1】



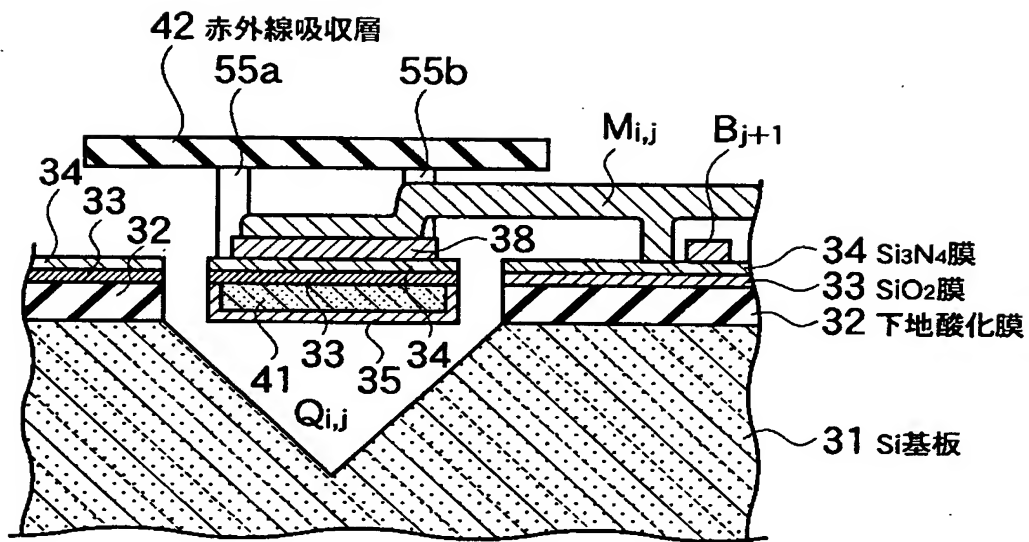
54a, 54b : 支持部

【図 22】



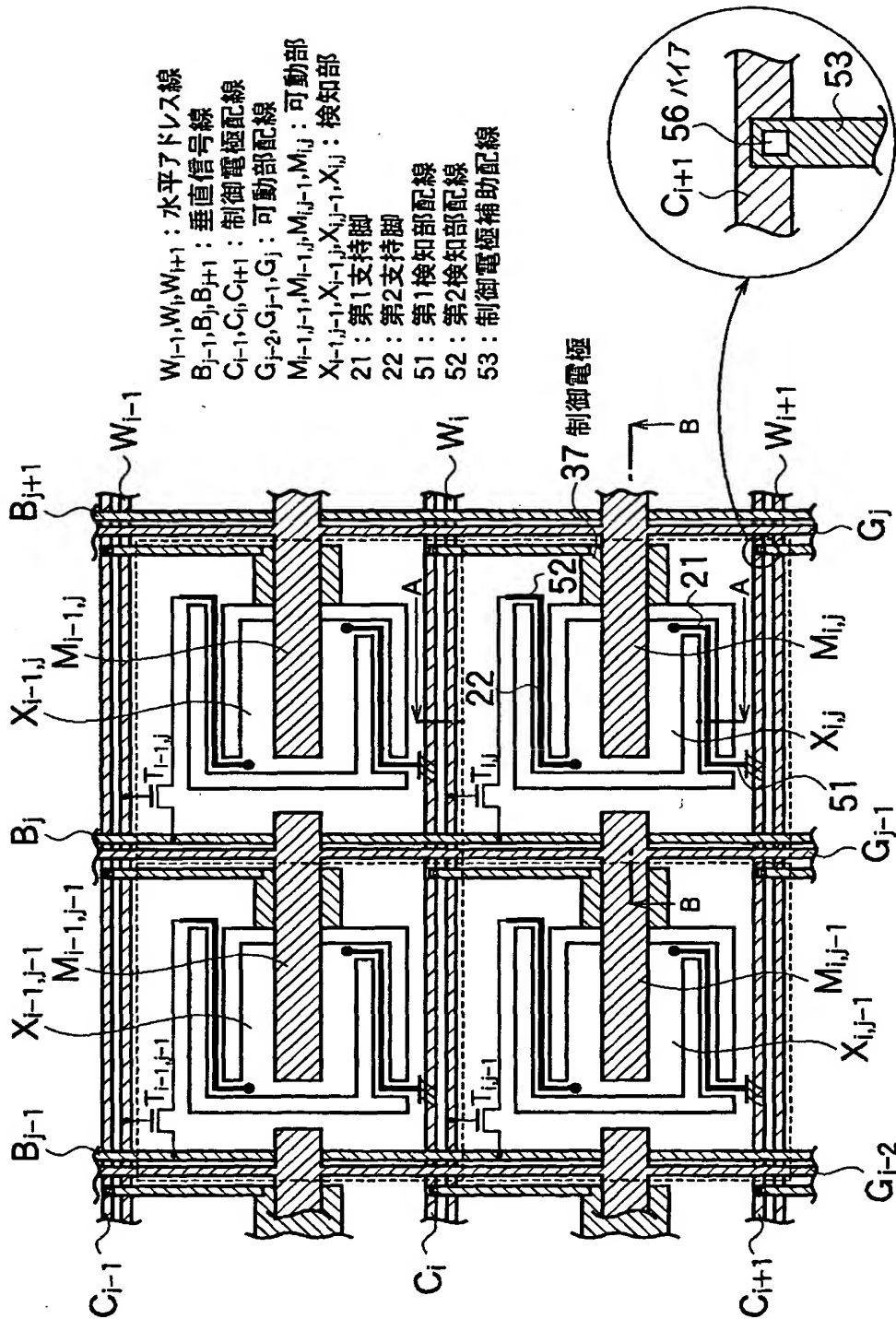
W_{-1}, W, W_{+1} : 水平アドレス線
 B_{j-1}, B_j, B_{j+1} : 垂直信号線
 C_{i-1}, C_i, C_{i+1} : 制御電極配線
 G_{j-2}, G_{j-1}, G_j : 可動部配線
 $M_{i-1,j-1}, M_{i-1,j}, M_{i,j-1}, M_{i,j}$: 可動部
 $X_{i-1,j-1}, X_{i-1,j}, X_{i,j-1}, X_{i,j}$: 検知部
 21 : 第1支持脚
 22 : 第2支持脚
 38 : 制御電極
 51 : 第1検知部配線
 52 : 第2検知部配線
 53 : 制御電極補助配線
 55a, 55b, 55c, 55d : 支持部

【図 2 3】

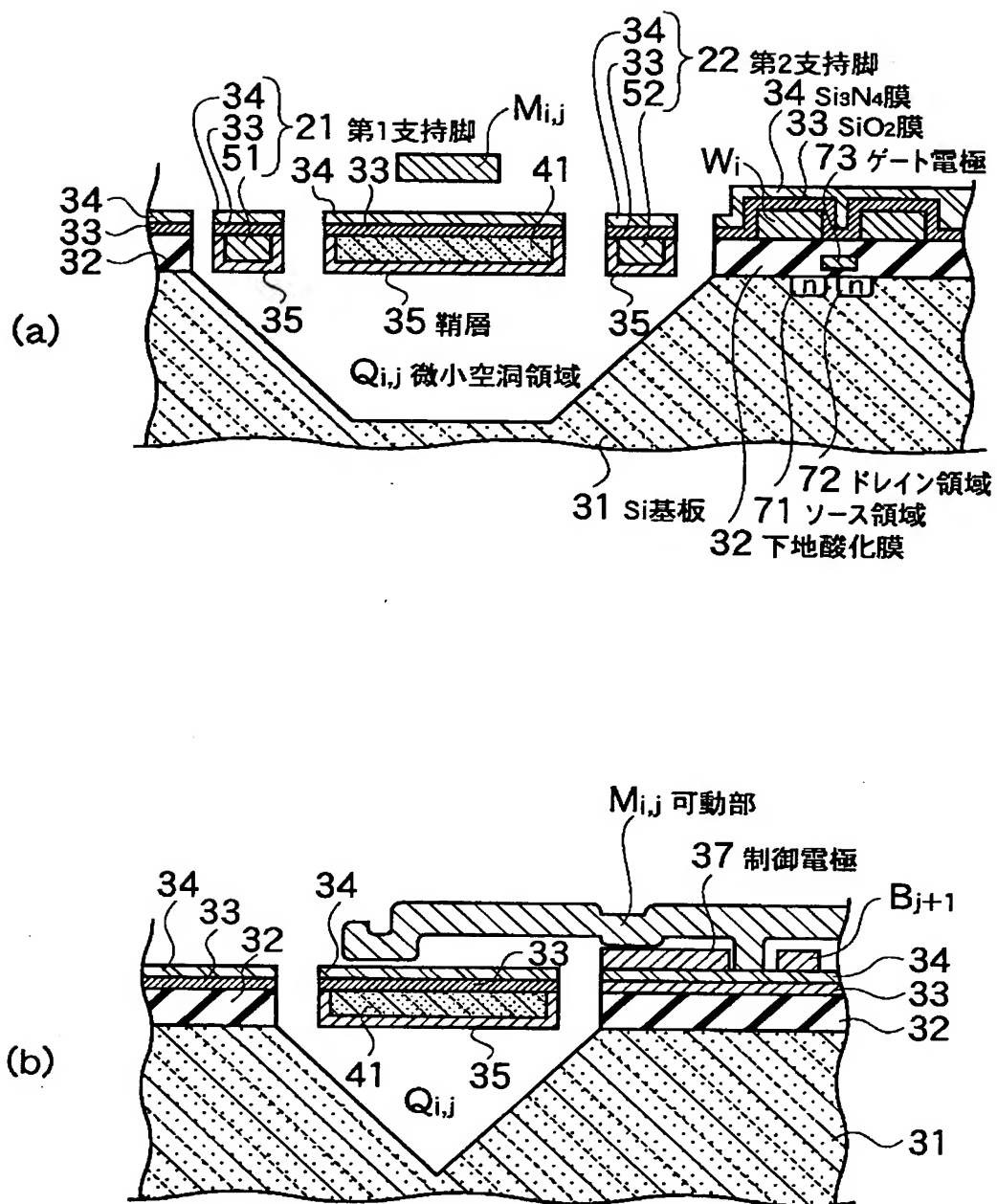


B_{j+1} : 垂直信号線
 M_{i,j} : 可動部
 X_{i,j} : 検知部
 35 : 鞘層
 41 : 熱電変換部
 55a, 55b : 支持部

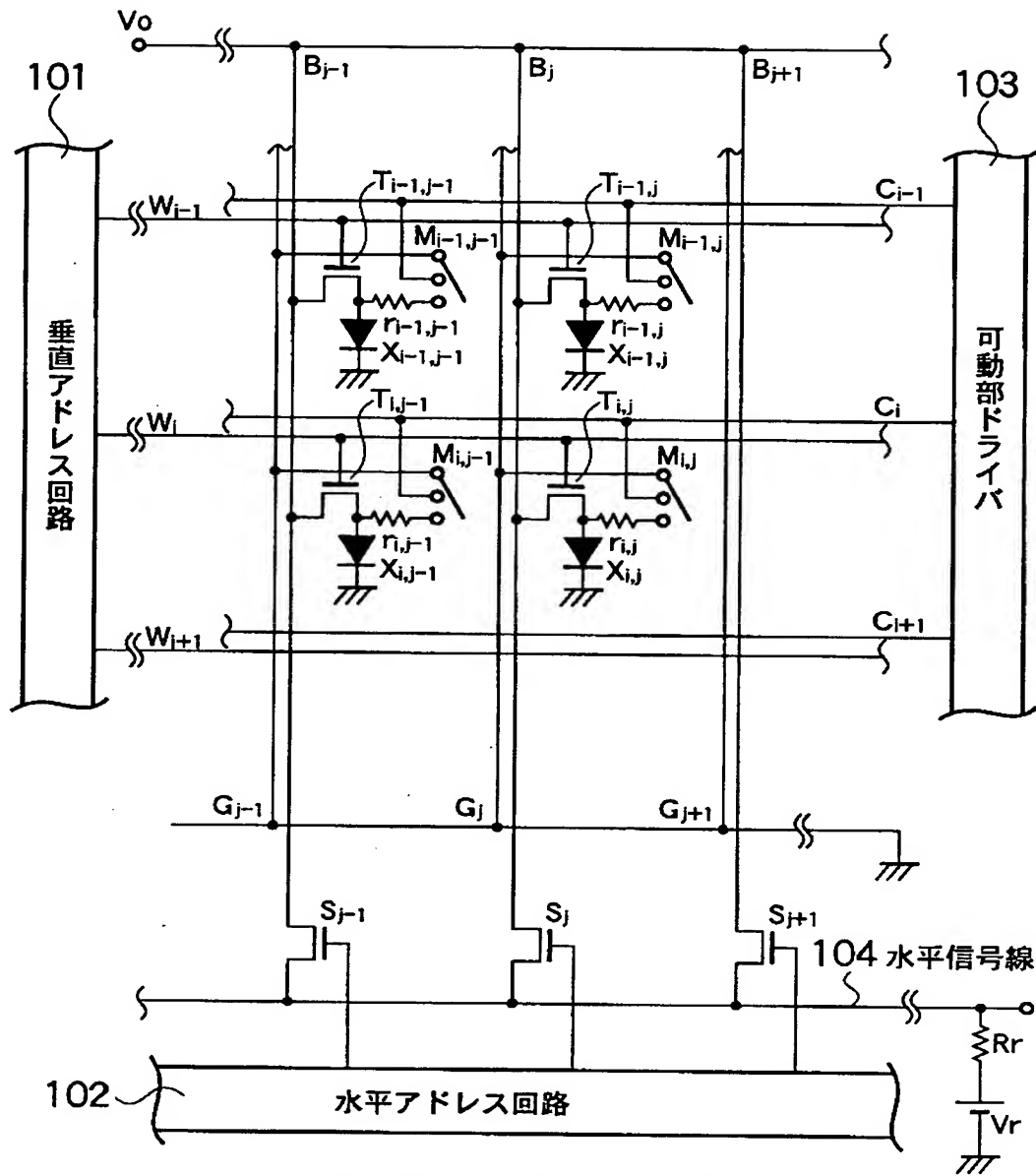
【図 24】



【図 2 5】

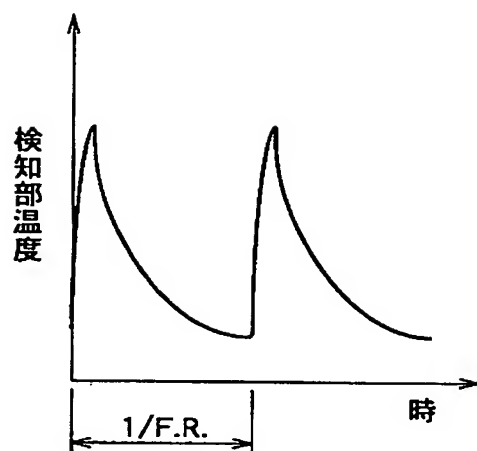


【図 26】

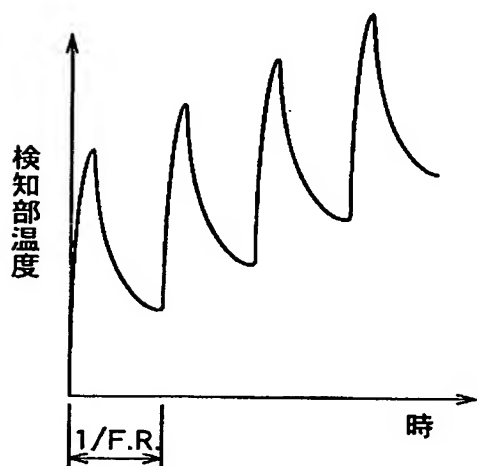


W_{i-1}, W_i, W_{i+1} : 水平アドレス線
 B_{j-1}, B_j, B_{j+1} : 垂直信号線
 C_{i-1}, C_i, C_{i+1} : 制御電極配線
 G_{j-1}, G_j, G_{j+1} : 可動部配線
 $M_{i-1,j-1}, M_{i-1,j}, M_{i,j-1}, M_{i,j}$: 可動部
 $X_{i-1,j-1}, X_{i-1,j}, X_{i,j-1}, X_{i,j}$: 検知部
 S_{j-1}, S_j, S_{j+1} : 水平スイッチトランジスタ

【図 2 7】



【図 2 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 フレームレートを上昇させても感度を低下させることなく、且つ自己加熱現象による熱破壊を起こすことがない熱型赤外線撮像装置を提供する。

【解決手段】 赤外線吸収層 4 2、この赤外線吸収層 4 2において発生した熱を電気信号に変換する熱電変換部 4 1 とを備える検知部 $X_{i,j}$ を、画素の主要部とし、この検知部 $X_{i,j}$ の複数個を熱的に絶縁して基体（1， 2， 4）に配列した熱型赤外線撮像装置である。検知部 $X_{i,j}$ の電気信号を読み出すタイミング以外のブランキング時において、検知部 $X_{i,j}$ と基体（1， 2， 4）間を熱的に短絡し、検知部 $X_{i,j}$ に蓄積される熱を基体（1， 2， 4）に放散させる機械的スイッチング素子 $M_{i,j}$ を、支持基板基体（1， 2， 4）と複数個の検知部 $X_{i,j}$ の間にそれぞれ設けている。

【選択図】 図 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日	2001年 7月 2日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都港区芝浦一丁目1番1号
氏 名	株式会社東芝

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 8月26日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-246006

[ST.10/C]:

[JP 2002-246006]

出 願 人

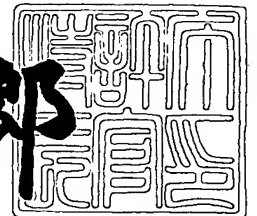
Applicant(s):

株式会社東芝

2003年 4月11日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3025644

【書類名】 特許願

【整理番号】 13B022047

【提出日】 平成14年 8月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 27/14

【発明の名称】 赤外線撮像装置

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝
研究開発センター内

【氏名】 真塩 尚哉

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝
研究開発センター内

【氏名】 重中 圭太郎

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝
研究開発センター内

【氏名】 舟木 英之

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝
研究開発センター内

【氏名】 飯田 義典

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝
研究開発センター内

【氏名】 藤原 郁夫

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

【識別番号】 100083806

【弁理士】

【氏名又は名称】 三好 秀和

【電話番号】 03-3504-3075

【選任した代理人】

【識別番号】 100068342

【弁理士】

【氏名又は名称】 三好 保男

【選任した代理人】

【識別番号】 100100712

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩▲崎▼ 幸邦

【選任した代理人】

【識別番号】 100100929

【弁理士】

【氏名又は名称】 川又 澄雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100108707

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 友之

【選任した代理人】

【識別番号】 100095500

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100101247

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 俊一

【選任した代理人】

【識別番号】 100098327

【弁理士】

【氏名又は名称】 高松 俊雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001982

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 赤外線撮像装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の微小空洞領域を表面に配置した基体と、
前記微小空洞領域に、前記基体からそれぞれ熱的分離状態で支持された赤外線を検知する複数の検知部と、

前記基体と前記複数個の検知部との間にそれぞれ設けられ、前記検知部が検知した赤外線を電気信号として読み出すタイミングにおいて前記熱的分離状態を維持し、前記タイミング以外のブランキング時において、前記熱的分離状態を短絡し、前記検知部に蓄積される熱を前記基体に放散させる機械的スイッチング素子とを備えることを特徴とする赤外線撮像装置。

【請求項 2】 前記機械的スイッチング素子は、
前記基体の表面に配置された可動部配線に電氣的に接続され、且つ前記基体に固定端が固定され、該固定端側から前記検知部の上部に自由端が延在する片持ち梁構造の導電性可動部と、

前記基体の表面に配置された制御電極配線に電氣的に接続され、且つ前記基体の表面において前記固定端と自由端の間に配置された制御電極とを備え、

前記可動部配線を介して前記可動部に供給される電圧と、前記制御電極配線を介して前記制御電極に供給される電圧を調整することにより、静電引力で、前記自由端を前記検知部に接触若しくは、近接させることを特徴とする請求項 1 に記載の赤外線撮像装置。

【請求項 3】 前記機械的スイッチング素子は、
前記基体の表面に配置された可動部配線に電氣的に接続され、且つ前記基体に固定端が固定され、該固定端側から前記検知部の上部に自由端が延在する片持ち梁構造の導電性可動部と、

前記基体の表面に配置された制御電極配線に電氣的に接続され、且つ前記検知部の表面に配置された制御電極とを備え、

前記可動部配線を介して前記可動部に供給される電圧と、前記制御電極配線を介して前記制御電極に供給される電圧を調整することにより、静電引力で、前記

自由端を前記検知部に接触若しくは、近接させることを特徴とする請求項 1 に記載の赤外線撮像装置。

【請求項 4】 前記検知部は、

前記赤外線を吸収する赤外線吸収層と、

前記赤外線吸収層において発生した熱を前記電気信号に変換する熱電変換部と

前記赤外線吸収層と前記熱電変換部とを熱的に接続し、且つ前記赤外線吸収層を前記熱電変換部に対して機械的に支持する支持部

とを備えることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の赤外線撮像装置。

【請求項 5】 前記検知部は、

前記導電性可動部の上方に配置され、前記赤外線を吸収する赤外線吸収層と、

前記導電性可動部の下方に配置され、前記赤外線吸収層において発生した熱を前記電気信号に変換する熱電変換部と、

前記赤外線吸収層と前記熱電変換部とを熱的に接続し、且つ前記赤外線吸収層を前記熱電変換部に対して機械的に支持する支持部

とを備えることを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の赤外線撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、赤外線検出器が複数個配置されている赤外線イメージセンサ、中でも赤外線を熱として感知する熱型赤外線撮像装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、赤外線を熱として感知する熱型赤外線撮像装置は、複数個の熱型赤外線検出器が 2 次元に配置されたものである。熱型赤外線撮像装置の一例としては、例えば、検知部に Si の p n 接合ダイオードを用いた熱型赤外線撮像装置がある（特開 2 0 0 1 - 2 8 1 0 5 1 号公報参照）。この熱型赤外線撮像装置は、物体から照射される赤外線を、p n 接合ダイオードの温度変化に応じて拡散電位障壁

の高さやキャリア数が増加するのを利用したものである。具体的には熱型赤外線撮像装置の各画素の表面に赤外線の照射により温度が増加する赤外線吸収体が設けられており、その温度変化を例えば p n 接合ダイオードに導くことにより、p n 接合のバンド構造が増加される。この変化を例えば定電流動作による電圧変化で読み取ることにより、照射された赤外線強度を観測し、測定物体及び表面温度を検知することが出来る。

【 0 0 0 3 】

特開 2 0 0 1 - 2 8 1 0 5 1 号公報に開示された熱型赤外線撮像装置においては、基板の表面に複数の微小空洞領域がマトリクス状に設けられ、この微小空洞領域のそれぞれの内部に支持脚を介して各画素の検知部が中空状態で支持された構造をしている。検知部を中空状態で支持することにより、検知部を熱的分離状態で支持している。検知部は入射赤外線を吸収し熱に変換する赤外線吸収層と、赤外線吸収層による温度変化を電気信号に変換する熱電交換部を備えている。各画素の熱電交換部には水平アドレス線及び垂直信号線が接続されている。水平アドレス線及び垂直信号線はそれぞれ直交する格子状に配置されている。信号読み出し時には水平アドレス線にパルス信号が印加される。検知部が支持脚を介して基板の表面の微小空洞領域に中空状態で支持されていることにより、検知部で発生した熱が外部に放出されにくくなり、断熱構造を形成している。

【 0 0 0 4 】

この従来の熱型赤外線撮像装置は感度を上昇させるためには、S/N 比が大きくなるようなバイアス電流値に設定することが必要となり、又、熱の閉じ込めを大きくしたほうが赤外線に対する温度変化を大きく感知することが可能となる。結果として図 2 7 に示すような検知部全体の温度が増加する自己過熱現象が起こる。この自己加熱効果は検知部にバイアスパルスを印加するときに生じるが、パルスの無印加時（ブランキング時間）に検知部温度が低下するために熱暴走による検知部の破壊現象は起こらない。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

最近、熱型赤外線撮像装置を、乗用車の夜間前方監視への利用する試みがなさ

れている。通常の可視カメラでは得られない情報を検知するのが目的である。車載目的となると現状の熱型赤外線カメラの何倍もの高いフレームレート（F. R.）が要求される。しかしながら従来の熱型赤外線撮像装置において、フレームレートが上昇すると、自己加熱現象により発生した検知部での熱上昇がブランキング時間により十分低下することが出来なくなり、結果として図 2 8 のように検知部での熱上昇が重畳されて熱破壊現象を引き起こす。

【 0 0 0 6 】

上記の熱破壊現象を防ぐためには、支持脚の熱抵抗を減少させると同時に、検知部の熱容量を減少させることにより熱時定数を減らす必要がある。しかしながら熱時定数の減少させることは同時に熱型赤外線撮像装置の感度の減少することになってしまう。

【 0 0 0 7 】

上述した従来の熱型赤外線撮像装置の問題点を鑑み、本発明は、フレームレートを上昇させても感度を低下させることなく、且つ自己加熱現象による熱破壊を起こすことがない熱型赤外線撮像装置を提供することである。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明は、（イ）複数の微小空洞領域を表面に配置した基体と、（ロ）微小空洞領域に、基体からそれぞれ熱的分離状態で支持された赤外線を検知する複数の検知部と、（ハ）基体と複数の検知部との間にそれぞれ設けられ、検知部が検知した赤外線を電気信号として読み出すタイミングにおいて熱的分離状態を維持し、タイミング以外のブランキング時において、熱的分離状態を短絡し、検知部に蓄積される熱を基体に放散させる機械的スイッチング素子とを備える赤外線撮像装置であることを要旨とする。ここで、「基体から熱的分離状態で支持」とは、赤外線撮像装置の動作に問題とされない大きさに、基体への熱の流れを抑制した状態で支持するという意味である。具体的には、検知部を基体に対して中空状態で支持する支持脚の熱抵抗を大きくすることにより、熱伝導を抑制し、基体への熱の流れを抑制することが出来る。

【 0 0 0 9 】

本発明の特徴に係る赤外線撮像装置によれば、機械的スイッチング素子を用いることにより、自己加熱による検知部の温度上昇を、基体に放散させ、リセットすることが可能となる。したがって、赤外線撮像装置のフレームレートを更に増加することが可能となり、高感度で高速なレスポンスを得ることが可能となる。又、フレームレートを上昇させても、自己加熱現象により発生した検知部での熱放散が良好なので、熱破壊現象も回避出来る。この結果、従来の熱型赤外線カメラの5～10倍程度高いフレームレート的高速・高感度の熱型赤外線撮像装置を提供出来る。

【 0 0 1 0 】

本発明の特徴に係る赤外線撮像装置に用いる機械的スイッチング素子は、例えば、基体の表面に配置された可動部配線に電氣的に接続され、且つ基体に固定端が固定され、この固定端側から検知部の上部に自由端が延在する片持ち梁構造の導電性可動部と、基体の表面に配置された制御電極配線に電氣的に接続され、且つ基体の表面において固定端と自由端の間に配置された制御電極とを備えるようにすれば良い。こうすれば、可動部配線を介して可動部に供給される電圧と、制御電極配線を介して制御電極に供給される電圧を調整することにより、静電引力で、自由端を検知部に接触若しくは、近接させ、自己加熱による検知部の温度上昇を、基体に放散させ、リセットすることが可能となる。

【 0 0 1 1 】

或いは、機械的スイッチング素子は、基体の表面に配置された可動部配線に電氣的に接続され、且つ基体に固定端が固定され、この固定端側から検知部の上部に自由端が延在する片持ち梁構造の導電性可動部と、基体の表面に配置された制御電極配線に電氣的に接続され、且つ検知部の表面に配置された制御電極とを備えるようにしても良い。この場合も、可動部配線を介して可動部に供給される電圧と、制御電極配線を介して制御電極に供給される電圧を調整することにより、静電引力で、自由端を検知部に接触若しくは、近接させ、自己加熱による検知部の温度上昇を、基体に放散させ、リセットすることが可能となる。制御電極を検知部内に配置することにより、機械的スイッチング素子として機能する制御電極及びこれに対向する部分の有効面積が大きくなるので、結果として低電圧で、高

効率の熱放散用スイッチ動作が可能となる。

【 0 0 1 2 】

更に、検知部は、導電性可動部の上方に配置され、赤外線を吸収する赤外線吸収層と、導電性可動部の下方に配置され、赤外線吸収層において発生した熱を電気信号に変換する熱電変換部と、赤外線吸収層と熱電変換部とを熱的に接続し、且つ赤外線吸収層を熱電変換部に対して機械的に支持する支持部とを備えるようにすれば良い。即ち、赤外線吸収層と熱電変換部との間に導電性可動部が位置し、赤外線吸収層は熱電変換部と熱的に接続される支持部を用いて、熱電変換部の上方に中空状態で固定されるので、赤外線吸収の開口率が増大し、更に高感度検出が可能となる。

【 0 0 1 3 】

【発明の実施の形態】

次に、図面を参照して、本発明の第 1 ～ 第 5 の実施の形態を説明する。以下の図面の記載において、同一又は類似の部分には同一又は類似の符号を付している。但し、図面は模式的なものであり、厚みと平面寸法との関係、各層の厚みの比率等は現実のものとは異なることに留意すべきである。したがって、具体的な厚みや寸法は以下の説明を参酌して判断すべきものである。又図面相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることは勿論である。

【 0 0 1 4 】

(第 1 の実施の形態)

本発明の第 1 の実施の形態に係る赤外線撮像装置は、図 1 に示すように、複数の垂直信号線 B_{j-1} , B_j , B_{j+1} , ……と、この複数の垂直信号線 B_{j-1} , B_j , B_{j+1} , ……に対し垂直方向に伸延する複数の水平アドレス線 W_{i-1} , W_i , W_{i+1} , ……により構成されたマトリクスの内部に、それぞれ画素（ピクセル）を構成する検知部 $X_{i-1,j-1}$, $X_{i-1,j}$, …… , $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, ……が 2 次元配置されている。更に、垂直信号線 B_{j-1} , B_j , B_{j+1} , ……と平行して、可動部配線 G_{j-2} , G_{j-1} , G_j , ……が走行している。又、水平アドレス線 W_{i-1} , W_i , W_{i+1} , ……と平行して、制御電極配線 C_{i-1} , C_i , C_{i+1} , ……が走行している。

【 0 0 1 5 】

図 2 (a) は、図 1 の A - A 方向に沿った断面図で、図 2 (b) は、図 1 の B - B 方向に沿った断面図で、微小空洞領域 $Q_{i,j}$ を表面に配置した基体 (1, 2, 4) と、この微小空洞領域 $Q_{i,j}$ に基体 (1, 2, 4) からそれぞれ熱的分離状態で支持された検知部 $X_{i,j}$ とからなる構造を示している。基体 (1, 2, 4) は、S O I 構造を基礎とし、支持基板 (単結晶 S i) 1 と、支持基板 (単結晶 S i) 1 の上部の埋め込み酸化膜 (S i O₂ 膜) 2 と、埋め込み酸化膜 2 の上部の素子分離酸化膜 4 とから構成されている。素子分離酸化膜 4 は、S O I 構造を構成する単結晶 S i 層 (S O I 膜) 3 を置き換えたものであり (図 7 参照。)、この一部に単結晶 S i 層 3 が残留していても良い。図 2 に示すように、検知部 $X_{i,j}$ を、微小空洞領域 $Q_{i,j}$ の内部に中空状態で収納することにより、検知部 $X_{i,j}$ を基体 (1, 2, 4) から熱的に分離できる。図 1 及び図 2 (a) に示すように、各ピクセルを構成する検知部 $X_{i-1,j-1}$, $X_{i-1,j}$, …… , $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, …… は、基体 (1, 2, 4) に対して第 1 支持脚 2 1 及び第 2 支持脚 2 2 により中空状態で支持されている。「熱的分離状態で支持」するために、第 1 支持脚 2 1 及び第 2 支持脚 2 2 の熱抵抗を大きくし、熱伝導を抑制し、基体 (1, 2, 4) への熱の流れを抑制している。微小空洞領域 $Q_{i,j}$ は、基体 (1, 2, 4) の一部を選択的に除去した凹部の底部に逆ピラミッド形状に構成されている。

【 0 0 1 6 】

図 1 に示す検知部 $X_{i-1,j-1}$, $X_{i-1,j}$, …… , $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, …… は、図 2 に示すように、入射赤外線を吸収し熱に変換する赤外線吸収層 4 2 と、赤外線吸収層 4 2 で発生した熱による温度変化を電気信号に変換する熱電変換部 4 1 を含んでいる。熱電変換部 4 1 は、単結晶 S i 層の表面に不純物を選択的にドーブした p n 接合ダイオードを集積化した構造である。単結晶 S i 層 4 1 の底面と側面を、それぞれ埋め込み酸化膜 2 及び素子分離酸化膜 4 が覆っている。p n 接合ダイオードの代わりに、ドーブドポリシリコン、酸化バナジウム (V O₂)、チタン (T i)、アモルファスシリコン等のボロメータが採用可能である。単結晶 S i 層 4 1 で構成された熱電変換部 4 1 の上には、第 1 層間絶縁膜 3 3 a 及び第 2 層間絶縁膜 3 3 b としての酸化膜が配置されている。この酸化膜 3 3 a, 3 3 b

の上部には窒化膜 (Si_3N_4 膜) 34 が配置されている。酸化膜 33a, 33b と、この上部の窒化膜 34 とからなる複合膜で、赤外線吸収層 42 が構成されている。赤外線吸収層 42 は、熱電変換部 41 と実質的に同一の形状で配置されている。酸化膜 33a, 33b の合計の厚さは、例えば、 $1.5\mu\text{m}$ 程度で、窒化膜 34 の厚さは $0.5\mu\text{m}$ 程度に選ぶことが可能である。

【0017】

図1及び図2(a)に示すように、第1支持脚21及び第2支持脚22は、検知部 $X_{i,j}$ を支持基板1、及び支持基板1の上部の埋め込み酸化膜2及び素子分離酸化膜4に対して機械的に支持している。そして、第1支持脚21の内部には熱電変換部41を垂直信号線 B_j に接続する第1検知部配線51、第2支持脚22の内部には熱電変換部41を水平アドレス線 W_i に接続する第2検知部配線52が埋め込まれている。第1検知部配線51及び第2検知部配線52は、タングステン(W)、チタン(Ti)、コバルト(Co)、モリブデン(Mo)等の高融点金属、これらのシリサイド (WSi_2 , TiSi_2 , CoSi_2 , MoSi_2) 等、或いはこれらのシリサイドを用いたポリサイドで構成しても良い。第1検知部配線51及び第2検知部配線52により、熱電変換部41で生じた信号が処理回路に導かれる。

【0018】

更に、図1及び図2(b)に示すように、各ピクセルには、制御電極37が設けられている。各ピクセルの制御電極37は、制御電極補助配線53を介して、それぞれ制御電極配線 C_{i-1} , C_i , C_{i+1} , …… に接続され、制御電極配線 C_{i-1} , C_i , C_{i+1} , …… を介して電圧が印加される。例えば、図1に示すように、制御電極37と制御電極補助配線53とを、制御電極配線 C_{i-1} , C_i , C_{i+1} , …… の金属配線層(配線レベル)の上層の同一金属配線層(配線レベル)とし、バイアホール56を介して、制御電極37と対応するそれぞれの制御電極配線 C_{i-1} , C_i , C_{i+1} , …… とを電氣的に接続することが可能である。

【0019】

図1及び図2(b)に示すように、各ピクセルの制御電極37に対向して、片持ち梁構造の導電性可動部 $M_{i-1,j-1}$, $M_{i-1,j}$, …… , $M_{i,j-1}$, $M_{i,j}$, ……

が設けられ、導電性可動部 $M_{i-1,j-1}$, $M_{i-1,j}$, \dots , $M_{i,j-1}$, $M_{i,j}$, \dots は、可動部配線 G_{j-2} , G_{j-1} , G_j , \dots に接続されている。導電性可動部 $M_{i-1,j-1}$, $M_{i-1,j}$, \dots , $M_{i,j-1}$, $M_{i,j}$, \dots は、それぞれ支持基板 1 の上部の埋め込み酸化膜 2、素子分離酸化膜 4、酸化膜 3 3 a, 3 3 b、窒化膜 3 4 からなる積層構造の表面に固定端が固定され、この固定端側から検知部 $X_{i-1,j-1}$, $X_{i-1,j}$, \dots , $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, \dots の上部に自由端が延在する構造である。制御電極 3 7、導電性可動部 $M_{i-1,j-1}$, $M_{i-1,j}$, \dots , $M_{i,j-1}$, $M_{i,j}$ により、機械的スイッチング素子が構成されている。この導電性可動部 $M_{i-1,j-1}$, $M_{i-1,j}$, \dots , $M_{i,j-1}$, $M_{i,j}$, \dots はアルミニウム (A l), 銅 (C u), チタン (T i)、窒化チタン (T i N)、タングステン (W) などの金属材料 (導電性材料) が適当である。

【 0 0 2 0 】

図 2 は、水平アドレス線 W_i に行選択パルス V_i が印加されている状態における検知部 $X_{i,j}$ の選択状態を示している。行選択パルス V_i が印加される直前のブランキング状態では、制御用電極配線 C_i に制御用電極電圧 V_{+L_i} を印加することにより、片持ち梁構造の導電性可動部 $M_{i,j}$ を撓ませ、導電性可動部 $M_{i,j}$ の自由端と検知部 $X_{i,j}$ を接触状態にし、検知部 $X_{i,j}$ に蓄積された熱を熱伝導で放出する。導電性可動部 $M_{i,j}$ の自由端と検知部 $X_{i,j}$ とを接触状態にすると、導電性可動部 $M_{i,j}$ の自由端を介して検知部 $X_{i,j}$ の熱は支持基板 (単結晶 S i) 1 に一瞬にして熱伝導で移動し、検知部 $X_{i,j}$ の温度は自己過熱する前の温度に安定する。導電性可動部 $M_{i,j}$ の自由端と検知部 $X_{i,j}$ との接触状態が解除された選択状態では、赤外線吸収層 4 2 に赤外線が照射されると、その赤外線強度に対応して赤外線吸収層 4 2 の温度が自己過熱現象により上昇する。

【 0 0 2 1 】

図 3 の等価回路に示すように、第 1 の実施の形態に係る赤外線撮像装置においては、垂直アドレス回路 1 0 1 と水平アドレス回路 1 0 2 が撮像領域の行方向と列方向に各々隣接配置されている。垂直アドレス回路 1 0 1 には水平アドレス線 W_{i-1} , W_i , W_{i+1} , \dots が接続され、水平アドレス回路 1 0 2 には水平選択線 H_{j-1} , H_j , H_{j+1} , \dots が接続されている。赤外線撮像装置の検知部 $X_{i,j-1}$

垂直アドレス回路 101 により選択された水平アドレス線 W_{i-1} , W_i , W_{i+1} , \dots には電源電圧 V_d が印加され、垂直アドレス回路 101 により選択されない水平アドレス線 W_{i-1} , W_i , W_{i+1} , \dots には基板電圧 V_{ss} が印加される。その結果、選択された行の検知部 $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, $X_{i,j+1}$, \dots , $X_{i+1,j-1}$, $X_{i+1,j}$, $X_{i+1,j+1}$, \dots の内部の $p-n$ 接合が順バイアスとなりバイアス電流が流れ、検知部 $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, $X_{i,j+1}$, \dots , $X_{i+1,j-1}$, $X_{i+1,j}$, $X_{i+1,j+1}$, \dots 内部の $p-n$ 接合の温度と順バイアス電流とにより動作点が決まり、各列の垂直信号線 B_{j-1} , B_j , B_{j+1} , \dots に検知部 $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, $X_{i,j+1}$, \dots , $X_{i+1,j-1}$, $X_{i+1,j}$, $X_{i+1,j+1}$, \dots の信号出力電圧が発生する。このとき、垂直アドレス回路 101 によって選択されない検知部 $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, $X_{i,j+1}$, \dots , $X_{i+1,j-1}$, $X_{i+1,j}$, $X_{i+1,j+1}$, \dots の $p-n$ 接合は逆バイアスとなる。即ち、検知部 $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, $X_{i,j+1}$, \dots , $X_{i+1,j-1}$, $X_{i+1,j}$, $X_{i+1,j+1}$, \dots の $p-n$ 接合は逆バイアスとなる。即ち、検知部 $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, $X_{i,j+1}$, \dots , $X_{i+1,j-1}$, $X_{i+1,j}$, $X_{i+1,j+1}$, \dots の $p-n$ 接合は逆バイアスとなる。

$\dots, j, X_{i+1,j+1}, \dots$ 内部の $p-n$ 接合は検知部 $X_{i,j-1}, X_{i,j}, X_{i,j+1}, \dots$
 $, X_{i+1,j-1}, X_{i+1,j}, X_{i+1,j+1}, \dots$ 選択の機能を持っている。

【 0 0 2 3 】

垂直信号線 $B_{j-1}, B_j, B_{j+1}, \dots$ に発生する電圧は、極めて低電圧であり、垂直信号線 $B_{j-1}, B_j, B_{j+1}, \dots$ に発生する雑音を発生する電圧（例えば $5 \mu V$ ）以下にすることが必要になる。この雑音の値は、例えば、MOS型の可視光イメージセンサであるCMOSセンサの雑音の約 $1/80$ である。この低電圧の信号電圧を増幅するために、列毎に増幅読み出し回路 $A_{j-1}, A_j, A_{j+1}, \dots$ が配置されており、各列の増幅トランジスタ $T_{Aj-1}, T_{Aj}, T_{Aj+1}, \dots$ のゲートと各列の垂直信号線 $B_{j-1}, B_j, B_{j+1}, \dots$ とは、結合容量 $C_{cj-1}, C_{cj}, C_{cj+1}, \dots$ により容量結合している。この結合容量 $C_{cj-1}, C_{cj}, C_{cj+1}, \dots$ により、垂直信号線 $B_{j-1}, B_j, B_{j+1}, \dots$ と増幅読み出し回路 $A_{j-1}, A_j, A_{j+1}, \dots$ とはDC的に分離される。

【 0 0 2 4 】

増幅トランジスタ $T_{Aj-1}, T_{Aj}, T_{Aj+1}, \dots$ のドレイン側には、電流増幅した信号電流を積分し蓄積するための蓄積容量 $C_{sj-1}, C_{sj}, C_{sj+1}, \dots$ が接続されている。信号電流を積分する蓄積時間は、垂直アドレス回路 101により水平アドレス線 $W_{i-1}, W_i, W_{i+1}, \dots$ に印加される行選択パルスにより決定される。蓄積容量 $C_{sj-1}, C_{sj}, C_{sj+1}, \dots$ には、この蓄積容量 $C_{sj-1}, C_{sj}, C_{sj+1}, \dots$ の電圧をリセットするためのリセットトランジスタ $T_{Rj-1}, T_{Rj}, T_{Rj+1}, \dots$ が接続され、水平選択トランジスタ $S_{j-1}, S_j, S_{j+1}, \dots$ による信号電圧の読み出しが完了した後にリセット動作を行うようになっている。

【 0 0 2 5 】

増幅トランジスタ $T_{Aj-1}, T_{Aj}, T_{Aj+1}, \dots$ のドレインは、サンプルトランジスタ $T_{Sj-1}, T_{Sj}, T_{Sj+1}, \dots$ を介して増幅トランジスタ $T_{Aj-1}, T_{Aj}, T_{Aj+1}, \dots$ のゲートに接続されており、サンプルトランジスタ $T_{Sj-1}, T_{Sj}, T_{Sj+1}, \dots$ をオンすることにより、増幅トランジスタ $T_{Aj-1}, T_{Aj}, T_{Aj+1}, \dots$ のゲートとドレインが同電位となる。

【 0 0 2 6 】

図 4 は、第 1 の実施の形態に係る赤外線撮像装置の動作を説明するためのタイミングチャートである。タイミングチャートに表示されない負荷 MOS トランジスタ T_{dj-1} , T_{dj} , T_{dj+1} , …… のソース電位と増幅トランジスタ T_{Aj-1} , T_{Aj} , T_{Aj+1} , …… のソース電位は何れも基板電圧 V_{ss} を与えており、リセットトランジスタ T_{Rj-1} , T_{Rj} , T_{Rj+1} , …… のドレイン電圧には電源電圧を与えている。

【 0 0 2 7 】

図 4 の左端の期間は非選択期間を示す。即ち、図 3 において図示を省略した 1 行目の水平アドレス線 W_1 が選択される選択期間 T_{SEL} の前に、垂直アドレス回路 101 が行選択を行わない非選択期間がある。この非選択期間で増幅トランジスタ T_{Aj-1} , T_{Aj} , T_{Aj+1} , …… の閾値情報を取得し保存する動作を行う。この非選択期間においては、垂直信号線 B_{j-1} , B_j , B_{j+1} , …… の電圧は負荷 MOS トランジスタ T_{dj-1} , T_{dj} , T_{dj+1} , …… のソース電圧と等しくなるので基板電圧 V_{ss} になる。非選択期間では、まず、リセットトランジスタ T_{Rj-1} , T_{Rj} , T_{Rj+1} , …… をオンして蓄積容量 C_{sj-1} , C_{sj} , C_{sj+1} , …… の電圧 V_{cj-1} , V_{cj} , V_{cj+1} , …… をリセットする。次に、サンプルトランジスタ T_{Sj-1} , T_{Sj} , T_{Sj+1} , …… をオンして、増幅トランジスタ T_{Aj-1} , T_{Aj} , T_{Aj+1} , …… のゲートに電源電圧にリセットされた増幅トランジスタ T_{Aj-1} , T_{Aj} , T_{Aj+1} , …… のドレイン電圧を与える。そのため、増幅トランジスタ T_{Aj-1} , T_{Aj} , T_{Aj+1} , …… はオンされドレイン電流が流れる。このドレイン電流によりドレイン電圧 V_{cj-1} , V_{cj} , V_{cj+1} , …… は低下して増幅トランジスタ T_{Aj-1} , T_{Aj} , T_{Aj+1} , …… のコンダクタンス低下させ、ドレイン電流が流れない状態のゲート電圧がドレイン電圧 V_{cj-1} , V_{cj} , V_{cj+1} , …… に取得される。この電圧が各列毎の増幅トランジスタ T_{Aj-1} , T_{Aj} , T_{Aj+1} , …… の閾値電圧である。増幅トランジスタ T_{Aj-1} , T_{Aj} , T_{Aj+1} , …… の閾値情報がドレイン電圧 V_{cj-1} , V_{cj} , V_{cj+1} , …… に読み出された後にサンプルトランジスタ T_{Sj-1} , T_{Sj} , T_{Sj+1} , …… をオフすることで、閾値情報は結合容量 C_{cj-1} , C_{cj} , C_{cj+1} , …… に保持されることになる。この

出証特 2 0 0 3 - 3 0 2 5 6 4 4

図4において、 $1/60$ 秒間隔で水平アドレス線 $W_1, W_2, \dots, W_{i-1}, W_i, W_{i+1}, \dots$ に 20μ 秒間、行選択パルス $V_1, V_2, \dots, V_{i-1}, V_i, V_{i+1}, \dots$ が印加されているとする。水平アドレス線 W_1 に行選択パルス V_1 が印加される 10μ 秒前まで、制御用電極配線 C_1 に制御用電極電圧 V_{+L1} を印加し、導電性可動部 $M_{1,j-1}, M_{1,j}, M_{1,j+1}, \dots$ と検知部 $X_{1,j-1}, X_{1,j}, X_{1,j+1}, \dots$ とを接触状態にして、自己過熱する前の温度に設定しておく。そして、水平アドレス線 W_1 に行選択パルス V_1 の印加される 10μ 秒前に、制御電極37に接続している制御用電極配線 C_1 に $0V$ を印加することにより導電性可動部 $M_{1,j-1}, M_{1,j}, M_{1,j+1}, \dots$ と検知部 $X_{1,j-1}, X_{1,j}, X_{1,j+1}, \dots$ との接触を解除する。導電性可動部 $M_{1,j-1}, M_{1,j}, M_{1,j+1}, \dots$ に接続している可動部配線 $G_{j-1}, G_j, G_{j+1}, \dots$ には、一定電圧 $0V$ が印加されている。そして、検知部 $X_{1,j-1}, X_{1,j}, X_{1,j+1}, \dots$ への赤外線照射により、検知部 $X_{1,j-1}, X_{1,j}, X_{1,j+1}, \dots$ の温度を上昇させる。この状態で、水平アドレス線 W_1 に行選択パルス V_1 が印加されると、負荷MOSトランジスタ $T_{dj-1}, T_{dj}, T_{dj+1}, \dots \sim$ 垂直信号線 $B_{j-1}, B_j, B_{j+1}, \dots \sim$ 1行目の検知部 $X_{1,j-1}, X_{1,j}, X_{1,j+1}, \dots \sim$ 1行目の水平アドレス線 $W_1 \sim$ 垂直アドレス回路101の電流パスを、負荷MOSトランジスタ $T_{dj-1}, T_{dj}, T_{dj+1}, \dots$ により決定されるバイアス電流が流れる。このバイアス電流と検知部 $X_{1,j-1}, X_{1,j}, X_{1,j+1}, \dots$ の熱電変換手段であるpn接合の温度とにより検知部 $X_{1,j-1}, X_{1,j}, X_{1,j+1}, \dots$ の動作点が決まり、検知部 $X_{1,j-1}, X_{1,j}, X_{1,j+1}, \dots$ の出力電圧が検出される。

$1, j+1, \dots$ の温度により変化する検知部 $X_{1, j-1}, X_{1, j}, X_{1, j+1}, \dots$ の出力電圧が各列の垂直信号線 $B_{j-1}, B_j, B_{j+1}, \dots$ に発生する。そして、垂直信号線 $B_{j-1}, B_j, B_{j+1}, \dots$ の電圧が基板電圧 V_{ss} から検知部 $X_{1, j-1}, X_{1, j}, X_{1, j+1}, \dots$ の出力電圧に変化する。

【0030】

この垂直信号線 $B_{j-1}, B_j, B_{j+1}, \dots$ の電圧変化は、結合容量 $C_{cj-1}, C_{cj}, C_{cj+1}, \dots$ によるカップリングで増幅トランジスタ $T_{Aj-1}, T_{Aj}, T_{Aj+1}, \dots$ のゲート電圧を変化させる。したがって、増幅トランジスタ $T_{Aj-1}, T_{Aj}, T_{Aj+1}, \dots$ のゲート電圧は、非選択期間において保持された増幅トランジスタ $T_{Aj-1}, T_{Aj}, T_{Aj+1}, \dots$ の閾値情報に検知部 $X_{1, j-1}, X_{1, j}, X_{1, j+1}, \dots$ の出力電圧変化情報が加わったものとなる。その結果、増幅トランジスタ $T_{Aj-1}, T_{Aj}, T_{Aj+1}, \dots$ がオンされ垂直信号線電圧に応じたドレイン電流が流れ、蓄積容量 $C_{sj-1}, C_{sj}, C_{sj+1}, \dots$ で1行目の選択期間 T_{SEL} の期間、電流が積分されドレイン電圧 $V_{cj-1}, V_{cj}, V_{cj+1}, \dots$ が変化する。このとき、増幅トランジスタ $T_{Aj-1}, T_{Aj}, T_{Aj+1}, \dots$ のドレイン電流を支配するゲート電圧は、保持された閾値電圧からのシフト量により決定されるので、列毎にばらつく閾値の影響を受けない。そして、1行目選択期間 T_{SEL} の終了後 10μ 秒経過して、再び、制御用電極配線 C_1 に制御用電極電圧 V_{+L1} を印加し、導電性可動部 $M_{1, j-1}, M_{1, j}, M_{1, j+1}, \dots$ と検知部 $X_{1, j-1}, X_{1, j}, X_{1, j+1}, \dots$ とを接触状態にすれば、検知部 $X_{1, j-1}, X_{1, j}, X_{1, j+1}, \dots$ に蓄積された熱を放出させることが出来る。

【0031】

1行目選択期間 T_{SEL} に続く1行目水平読み出し期間 T_{READ} に、水平アドレス回路102により水平選択トランジスタ $S_{j-1}, S_j, S_{j+1}, \dots$ が順次選択されドレイン電圧 $V_{cj-1}, V_{cj}, V_{cj+1}, \dots$ が時系列で水平信号線104に読み出される。

【0032】

2行目以降の動作は、サンプルトランジスタ $T_{Sj-1}, T_{Sj}, T_{Sj+1}, \dots$ の動作がないこと以外は、1行目での動作と同様である。

【 0 0 3 3 】

例えば、 i 行目においては、図 4 に示すようにして、 i 行目の選択期間のドレイン電流を積分し、順次読み出す。即ち、水平アドレス線 W_i に行選択パルス V_i が印加される 10μ 秒前まで、制御用電極配線 C_i に制御用電極電圧 V_{+Li} を印加し、導電性可動部 $M_{i,j-1}$, $M_{i,j}$, $M_{i,j+1}$, \dots と検知部 $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, $X_{i,j+1}$, \dots とを接触状態にして、自己過熱する前の温度に設定しておく。そして、水平アドレス線 W_i に行選択パルス V_i の印加される 10μ 秒前に、制御電極 37 に接続している制御用電極配線 C_1 に $0V$ を印加することにより導電性可動部 $M_{i,j-1}$, $M_{i,j}$, $M_{i,j+1}$, \dots と検知部 $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, $X_{i,j+1}$, \dots との接触を解除する。導電性可動部 $M_{i,j-1}$, $M_{i,j}$, $M_{i,j+1}$, \dots に接続している可動部配線 G_{j-1} , G_j , G_{j+1} , \dots には、一定電圧 $0V$ が印加されている。そして、検知部 $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, $X_{i,j+1}$, \dots への赤外線照射により、検知部 $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, $X_{i,j+1}$, \dots の温度を上昇させる。この状態で、水平アドレス線 W_i に行選択パルス V_i が印加され、 i 行目の選択期間 T_{SEL} が開始される。 i 行目の選択期間 T_{SEL} においては、負荷 MOS トランジスタ T_{dj-1} , T_{dj} , T_{dj+1} , \dots ~ 垂直信号線 B_{j-1} , B_j , B_{j+1} , \dots ~ i 行目の検知部 $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, $X_{i,j+1}$, \dots ~ i 行目の水平アドレス線 W_i ~ 垂直アドレス回路 101 の電流パスを、負荷 MOS トランジスタ T_{dj-1} , T_{dj} , T_{dj+1} , \dots により決定されるバイアス電流が流れる。このバイアス電流と検知部 $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, $X_{i,j+1}$, \dots の熱電変換手段である pn 接合の温度とにより検知部 $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, $X_{i,j+1}$, \dots の動作点が決まり、検知部 $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, $X_{i,j+1}$, \dots の温度により変化する検知部 $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, $X_{i,j+1}$, \dots , $X_{i+1,j-1}$, $X_{i+1,j}$, $X_{i+1,j+1}$, \dots の出力電圧が各列の垂直信号線 B_{j-1} , B_j , B_{j+1} , \dots に発生する。そして、垂直信号線 B_{j-1} , B_j , B_{j+1} , \dots の電圧が基板電圧 V_{ss} から検知部 $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, $X_{i,j+1}$, \dots の出力電圧に変化する。

【 0 0 3 4 】

この垂直信号線 B_{j-1} , B_j , B_{j+1} , \dots の電圧変化は、結合容量 C_{cj-1} , C_{cj} , C_{cj+1} , \dots によるカップリングで増幅トランジスタ T_{Aj-1} , T_{Aj}

T_{Aj+1} , ……のゲート電圧を変化させる。したがって、増幅トランジスタ T_{Aj-1} , T_{Aj} , T_{Aj+1} , ……のゲート電圧は、非選択期間において保持された増幅トランジスタ T_{Aj-1} , T_{Aj} , T_{Aj+1} , ……の閾値情報に検知部 $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, $X_{i,j+1}$, ……の出力電圧変化情報が加わったものとなる。その結果、増幅トランジスタ T_{Aj-1} , T_{Aj} , T_{Aj+1} , ……がオンされ垂直信号線電圧に応じたドレイン電流が流れ、蓄積容量 C_{sj-1} , C_{sj} , C_{sj+1} , ……で i 行目選択期間 T_{SEL} の期間、電流が積分されドレイン電圧 V_{cj-1} , V_{cj} , V_{cj+1} , ……が変化する。このとき、増幅トランジスタ T_{Aj-1} , T_{Aj} , T_{Aj+1} , ……のドレイン電流を支配するゲート電圧は、保持された閾値電圧からのシフト量により決定されるので、列毎にばらつく閾値の影響を受けない。そして、 i 行目選択期間 T_{SEL} の終了後 10μ 秒経過して、再び、制御用電極配線 C_1 に制御用電極電圧 V_{+Li} を印加し、導電性可動部 $M_{i,j-1}$, $M_{i,j}$, $M_{i,j+1}$, ……と検知部 $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, $X_{i,j+1}$, ……とを接触状態にすれば、検知部 $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, $X_{i,j+1}$, ……に蓄積された熱を放出させることが出来る。

【0035】

i 行目選択期間 T_{SEL} に続く i 行目水平読み出し期間 T_{READ} に、水平アドレス回路 102 により水平選択トランジスタ S_{j-1} , S_j , S_{j+1} , ……が順次選択されドレイン電圧 V_{cj-1} , V_{cj} , V_{cj+1} , ……が時系列で水平信号線 104 に読み出される。

【0036】

$i+1$ 行目以降の動作は、図 4 に示すように、 i 行目での動作と同様であり、 $i+1$ 行目選択期間のドレイン電流を積分し、順次読み出す。

【0037】

検知部 $X_{i,j}$ の温度の時間的な変化を図 5 に示す。ここで、図 6 に示すような幅 $W = 10\mu\text{m}$ 、長さ $L = 20\mu\text{m}$ 、厚さ $t = 0.5\mu\text{m}$ の片持ち梁構造の導電性可動部 $M_{i,j}$ による熱の流れを検討してみる。この場合、熱の流れに直交する断面積 $S = 10\mu\text{m} \times 0.5\mu\text{m} = 5\mu\text{m}^2$ となる。導電性可動部 $M_{i,j}$ の材料を Al とすれば、熱容量 $C = 1.6 \times 10^{-9} \text{ J/K}$ 、熱伝導係数 $G = 237 \text{ W/(m/K)}$ として良いであろうから、

$$\text{熱時定数 } \tau = C \cdot L / G \cdot S = 59 \mu \text{sec} \cdots \cdots (1)$$

となる。仮にフレームレート = 120 fps とすれば、垂直走査周期 T は、 $1 / 120 = 8.3 \text{ms}$ であるので、熱時定数 τ は、垂直走査周期 T より 2 桁ほど速いことがわかる。

【0038】

この様に、第1の実施の形態に係る赤外線撮像装置によれば、機械的スイッチング素子を用いることにより、熱電変換部41にパルス電圧を印加する際に生じる自己加熱による検知部 $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, $X_{i,j+1}$, \cdots , $X_{i+1,j-1}$, $X_{i+1,j}$, $X_{i+1,j+1}$, \cdots の温度上昇を図5に示すように、リセットすることが可能となる。したがって、フレームレートを更に増加することが可能となり、高感度で高いレスポンスを有する熱型赤外線撮像装置を提供出来る。又、フレームレートを上昇させても、自己加熱現象により発生した検知部での熱上昇がブランキング時間により十分低下することが可能であるので、熱破壊現象も回避出来る。この結果、従来の熱型赤外線カメラの5～10倍程度高いフレームレートの熱型赤外線撮像装置を提供出来るので、乗用車の夜間前方監視へ好適となる。

【0039】

図7～図14を用いて、微少空洞領域 $Q_{i,j}$ のピクセルに着目して、本発明の第1の実施の形態に係る赤外線撮像装置の製造方法を説明する。なお、以下に述べる赤外線撮像装置の製造方法は、一例であり、この一例を含めて、これ以外の種々の製造方法により、実現可能であることは勿論である。

【0040】

(イ) まず、図7(a)に示すように、単結晶Si支持基板1上に埋め込み酸化膜2、単結晶Si層3が順次積層された、いわゆるSOI基板を準備する。次に、フォトリソグラフィ等の技術を用いて素子分離領域を定義し、素子分離領域形成予定の部分の単結晶Si層3を、例えば反応性イオンエッチング(RIE)法等の技術によりエッチング除去する。そして、図7(b)に示すように、素子分離酸化膜4を化学気相堆積(CVD)法等の技術により埋め込み、化学的機械研磨(CMP)法等の技術で平坦化する。

【0041】

(ロ) 次に、図 2 (a) に示す第 1 支持脚 2 1 及び第 2 支持脚 2 2 の形成予定領域の素子分離酸化膜 4 と埋め込み酸化膜 2 とを、例えば R I E 等の技術により選択的にエッチング除去し、図 7 (c) に示すような溝部 5 を形成する。図 7 (c) は図 1 の A - A 方向に沿った断面図であり、図 1 の B - B 方向に沿った断面図においては、図 7 (c) よりも幅の狭い溝部が同時に形成される。この溝部 5 に第 1 犠牲 S i 膜 6 を C V D 法等の技術により埋め込み、C M P 法等の技術で図 7 (d) に示すように平坦化する。この第 1 犠牲 S i 膜 6 は、単結晶、多結晶、非晶質のいずれであっても構わない。図 7 (d) に示す平坦化工程において、いわゆる活性領域となる単結晶 S i 層 3 の表面を保護するために、溝部 5 の形成工程に先立ち、単結晶 S i 層 3 表面を酸化膜等で保護する工程を実施することがより好ましい。次に、図 3 に示した垂直アドレス回路 1 0 1 と水平アドレス回路 1 0 2、可動部ドライバ 1 0 3 及び定電流源の周辺回路を構成するそれぞれのトランジスタのソース・ドレイン領域と同様に、検知部 $X_{1,j-1}$, $X_{1,j}$, $X_{1,j+1}$, \dots , $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, $X_{i,j+1}$, \dots , $X_{i+1,j-1}$, $X_{i+1,j}$, $X_{i+1,j+1}$, \dots の p n 接合ダイオードを構成するための n 型不純物領域及び n 型不純物領域をフォトリソグラフィ技術を用いたイオン注入等の選択的なドーピング技術により形成する。周辺回路は、通常の標準的な M O S 集積回路の製造方法によれば良い。詳細は省略するが、反転防止層（チャネルストップ領域）、素子分離領域等の標準的な M O S 集積回路に必要な領域を形成した後、単結晶 S i 層 3 の表面を熱酸化して、厚さ 5 0 n m ~ 1 0 0 n m のゲート酸化膜を形成する。この際 V_{th} 制御イオン注入を加えても良い。次に、ゲート酸化膜の上の全面に C V D 法によりポリシリコン膜を 3 0 0 n m ~ 6 0 0 n m 程度、例えば 4 0 0 n m 堆積する。次にフォトレジスト膜（以下において、単に「フォトレジスト」という。）をポリシリコン膜の表面にスピン塗布する。そして、フォトリソグラフィ技術により、フォトレジストをパターンニングする。そして、このフォトレジストをマスクとして、R I E 法等によりポリシリコン膜をエッチングして、ゲート電極及びポリシリコン配線（図示しない）を形成する。その後、フォトレジストを除去し、新たなフォトレジストをゲート電極の表面にスピン塗布する。そして、次に、フォトリソグラフィ技術を用いて、M O S トランジスタ形成領域にイオン注

入用開口部を形成し、ポリシリコンゲート電極を露出させる。そして、露出したポリシリコンゲート電極と新たなフォトレジストをマスクとして、自己整合的に、ヒ素イオン ($^{75}\text{As}^+$) をドーズ量 10^{15} cm^{-2} のオーダーでイオン注入する。このとき、ポリシリコンゲート電極にもヒ素 ($^{75}\text{As}^+$) がイオン注入される。新たなフォトレジストを除去してから、単結晶 Si 層 3 を熱処理し、注入した不純物イオンを活性化及び拡散し、単結晶 Si 層 3 に n 型ソース領域及び n 型ドレイン領域を形成する。但し、単結晶 Si 層 3 中の n 型ソース領域、n 型ドレイン領域、n 型不純物領域及び n 型不純物領域等は図示を省略している。

【 0 0 4 2 】

(ハ) 次に図 8 に示すように、単結晶 Si 層 3 の表面に熱酸化法若しくは C V D 法を用いて、第 1 層間絶縁膜 3 3 a としての酸化膜を厚さ $0.5 \mu\text{m} \sim 1.0 \mu\text{m}$ 程度に形成する。なお、図 8 ～ 図 1 4 において、(a) は、それぞれ図 1 の A - A 方向に沿った断面図であり、(b) はそれぞれ図 1 の B - B 方向に沿った断面図である。更に、図示を省略しているが、周辺回路のトランジスタのソース・ドレイン領域、及び p n 接合ダイオードに対する配線のため、第 1 層間絶縁膜 3 3 a の所定の箇所に、コンタクトホールを開口する。更に、スパッタリング法又は電子ビーム真空蒸着法等によりチタン (Ti)、タンゲステン (W) 等からなる金属膜を堆積する。その後、フォトリソグラフィ技術等を用いたメタライゼーション技術により、金属膜をパターニングすれば、図 8 (a) に示すように、第 1 層金属配線として、第 1 検知部配線 5 1, 第 2 検知部配線 5 2, 水平アドレス線 W_i 及び制御電極配線 C_i が形成される。図示を省略しているが、隣接する画素 (ピクセル) にも、同様に第 1 検知部配線 5 1, 第 2 検知部配線 5 2, 水平アドレス線 W_{i-1} , W_{i+1} , …… 及び制御電極配線 C_{i-1} , C_{i+1} , …… が形成されることは勿論である。それぞれの画素の第 2 検知部配線 5 2 と、水平アドレス線 W_{i-1} , W_i , W_{i+1} , …… とは同一レベル (メタライゼーションレベル) にあるので、連続した金属パターンとして、電氣的に接続することが可能である。第 1 検知部配線 5 1, 第 2 検知部配線 5 2, 水平アドレス線 W_{i-1} , W_i , W_{i+1} , …… 及び制御電極配線 C_{i-1} , C_i , C_{i+1} , …… と同時に、周辺回路及び p n 接合ダイオードに対する第 1 層金属配線も形成されるが、これらも図示を省略して

いる。

【 0 0 4 3 】

(二) 次に、第 1 層間絶縁膜 3 3 a の上に、CVD 法を用いて厚さ $1.0 \mu\text{m}$ 程度の第 2 層間絶縁膜 3 3 b としての酸化膜を形成する。第 2 層間絶縁膜 3 3 b としては、PSG 膜、BSG 膜、BPSG 膜等を使用しても良い。そして、CMP 法等を用いて平坦化した後、図 9 に示すように、厚さ $0.5 \mu\text{m}$ 程度の第 3 層間絶縁膜 3 4 としての窒化膜を形成する。更に、フォトリソグラフィ技術及び RIE 法等を手用いて、第 3 層間絶縁膜 (窒化膜) 3 4 の所定の位置にバイアホールを開口する。例えば、図 1 に示す、制御電極配線 C_{i-1} , C_i , C_{i+1} , …… の上部に、バイアホール 5 6 を開口する。又、それぞれの第 1 検知部配線 5 1 の端部の上部、バイアホールが開口される。その後、図 9 (b) に示すように、第 3 層間絶縁膜 3 4 の上に、第 2 層金属配線として、制御電極 3 7 及び垂直信号線 B_j 及び B_{j+1} を形成する。制御電極 3 7 からは、図 1 に示すように、制御電極補助配線 5 3 が、制御電極配線 C_{i-1} , C_i , C_{i+1} , …… の上部に形成されたバイアホール 5 6 まで延在して形成される。したがって、バイアホール 5 6 を介して、制御電極配線 C_{i-1} , C_i , C_{i+1} , …… と、それぞれの制御電極 3 7 とは電氣的に接続される。図示を省略しているが、隣接する画素 (ピクセル) にも、同様に制御電極 3 7 及び垂直信号線 B_{j-2} , B_{j-1} , B_j , B_{j+1} , B_{j+2} , B_{j+3} , …… が形成されることは勿論である。したがって、それぞれの画素の第 1 検知部配線 5 1 の端部の上部と垂直信号線 B_{j-2} , B_{j-1} , B_j , B_{j+1} , B_{j+2} , B_{j+3} , …… とはバイアホールを介して電氣的に接続される。制御電極 3 7 及び垂直信号線 B_{j-2} , B_{j-1} , B_j , B_{j+1} , B_{j+2} , B_{j+3} , …… と同時に、周辺回路に対する第 2 層金属配線も形成されるが、これらも図示を省略している。第 1 層間絶縁膜 3 3 a、第 2 層間絶縁膜 3 3 b 及び第 3 層間絶縁膜 3 4 は、図 2 に示すように、赤外線吸収層 4 2 の役割と層間絶縁膜及びパッシベーション膜の役割を果たしている。

(ホ) 次に、第 1 支持脚 2 1 及び第 2 支持脚 2 2 形成予定部の周辺部の位置に、溝部 7 6 a, 7 7 a を RIE 法若しくは ECR イオンエッチング法等で形成する。更に、図 1 1 に示すように、溝部 7 6 a, 7 7 a を埋めるように、厚さ 1.

5 ～ 3. 0 μm の第 2 犠牲 Si 膜 7 を堆積する。更に、CMP 法等を用いて、図 1 1 に示すように、第 2 犠牲 Si 膜 7 の表面を平坦化する。

【 0 0 4 4 】

(ヘ) その後、フォトリソグラフィー技術及び R I E を用いた異なる深さのエッチングを選択的に繰り返すことにより、図 1 2 (b) に示すように、第 2 犠牲 Si 膜 7 の表面に深さの異なる溝部 3 7 a, 3 7 b, 3 7 c を形成する。溝部 3 7 c は、窒化膜 3 4 が露出するまで行う。次に、第 3 層金属配線として、スパッタリング法又は電子ビーム真空蒸着法等によりアルミニウム合金膜 (A l - S i, A l - C u - S i) を厚さ 0. 5 μm ～ 1 μm 程度に形成する。この上に、フォトリソグラフィー技術を用いて、フォトレジストのマスクを形成し、このマスクを用いて、R I E により、アルミニウム合金膜をパターニングして、図 1 3 に示すように、導電性可動部 $M_{i,j}$ のパターンを形成する。導電性可動部 $M_{i,j}$ のパターンは、垂直信号線 B_{j+1} と制御電極 3 7 のパターンの間を支持部 (支柱) とする片持ち梁構造である。

【 0 0 4 5 】

(ト) その後、図 1 4 に示すように、第 2 犠牲 Si 膜 7 をシリコンエッチング液で除去する。このエッチングで露出した支持基板 1 の表面の一部を、引き続き、単結晶 Si の異方性エッチャント、例えば TMAH 等の薬液を用いて、異方性エッチングを行えば、図 2 に示すように、微少空洞領域 $Q_{i,j}$ が形成され、本発明の第 1 の実施の形態に係る赤外線撮像装置が完成する。

【 0 0 4 6 】

上記説明においては、第 1 犠牲 Si 膜 6 及び第 2 犠牲 Si 膜 7 のエッチング除去工程と、それに続く支持基板 1 の異方性エッチング工程として、独立に説明したが、これらのエッチングに用いる薬液は、基本的に同一の薬液であるので、実際の工程においては、図 1 3 の形状となった後に、例えば TMAH 等の薬液によるエッチングを行うことで、図 1 4 の形状を意識することなく、最終形状である図 2 の構造を得ることが出来る。

【 0 0 4 7 】

図 7 ～ 図 1 4 においては、S O I 基板を用いた赤外線撮像装置の製造方法を説

明したが、S O I 基板を用いなくても、赤外線撮像装置を製造することも可能である。図 1 5 及び図 1 6 を用いて、本発明の第 1 の実施の形態の変形例（第 1 の変形例）に係る赤外線撮像装置の製造方法を説明する。

【 0 0 4 8 】

（イ）まず、S i 基板 3 1 の主表面に垂直アドレス回路 1 0 1 と水平アドレス回路 1 0 2、可動部ドライバ 1 0 3 及び定電流源等の周辺回路を形成する。次に周辺回路の M O S 集積回路に対しては層間絶縁膜として機能する下地酸化膜 3 2 を、厚さ $1 \mu\text{m}$ 程度に堆積する。例えば、下地酸化膜 3 2 は、C V D 法により堆積された膜厚 $0.5 \mu\text{m}$ 程度の酸化膜と、この酸化膜の上の膜厚 $0.5 \mu\text{m}$ 程度の P S G 膜又は B P S G 膜の 2 層構造から構成された複合膜で良い。この複合膜の上層の B P S G 膜は、リフローされて下地酸化膜 3 2 の表面が平坦化される。次に、図 1 5 (a) に示すように、下地酸化膜 3 2 に対して、フォトリソグラフィ技術及び R I E 法を用いて、S i 基板 3 1 の表面の一部を露出するように選択的に溝部 6 1、6 2、6 3 を設ける。これらの溝部 6 1、6 2、6 3 は、第 1 検知部配線 5 1、熱電変換部 4 1、第 2 検知部配線 5 2 を形成するための第 1 検知部配線形成用溝部 6 1、熱電変換部形成用溝部 6 2 及び第 2 検知部配線形成用溝部 6 3 である。そして、溝部 6 1、6 2、6 3 が設けられた下地酸化膜 3 2 の表面に、図 1 5 (a) に示すように、鞘層 (S i O ₂ 膜) 3 5 を C V D 法で堆積する。

【 0 0 4 9 】

（ロ）そして、鞘層 (S i O ₂ 膜) 3 5 で被覆された溝部 6 1、6 2、6 3 を埋めるように、厚さ $1.0 \sim 1.5 \mu\text{m}$ のボロメータポリシリコン 4 1 を堆積する。更に、CMP を用いて、図 1 5 (b) に示すように、ボロメータポリシリコン 4 1 の表面を鞘層 (S i O ₂ 膜) 3 5 が露出するまで平坦化させ、ボロメータポリシリコン 4 1 を溝部 6 1、6 2、6 3 のそれぞれの内部に埋め込む。図示を省略するが、この後、 p^+ 型ドーパドポリシリコン 4 1 を用意し、この p^+ 型ドーパドポリシリコン 4 1 の表面に n 型不純物イオンを選択的にイオン注入してカソード領域を形成し、p n 接合ダイオードを構成しても良い。

【 0 0 5 0 】

(ハ) 次に、フォトレジストからなるエッチングマスクを用いて、第 1 検知部配線形成用溝部 6 1 及び第 2 検知部配線形成用溝部 6 3 のそれぞれの内部に埋め込まれたボロメータポリシリコン 4 1 をエッチング除去する。更に、エッチングマスクとして用いたフォトレジストをリフトオフマスクとして用い、スパッタリング法又は電子ビーム真空蒸着法等により Ti からなる金属膜 6 4 を堆積する。その後、リフトオフマスクとして用いたフォトレジストを除去すれば、第 1 検知部配線形成用溝部 6 1 及び第 2 検知部配線形成用溝部 6 3 のそれぞれの内部に Ti からなる金属膜が埋め込まれる。更に、CMP 法を用いて、図 1 5 (c) に示すように、金属膜の表面を下地酸化膜 3 2 が露出するまで平坦化させ、Ti からなる金属膜の表面のレベルを、下地酸化膜 3 2 の表面のレベル及びボロメータポリシリコン 4 1 の表面のレベルと一致させる。この結果、Ti からなる第 1 検知部配線 5 1 及び第 2 検知部配線 5 2 が、第 1 検知部配線形成用溝部 6 1 及び第 2 検知部配線形成用溝部 6 3 のそれぞれの内部に下地酸化膜 3 2 及び素子分離酸化膜 4 を介して埋め込まれる。更に、フォトリソグラフィ技術を用いてパターンニングされたフォトレジストをマスクにして、RIE 法若しくは ECR イオンエッチング法等により下地酸化膜 3 2 をエッチングし、図 3 に示した赤外線撮像装置の周辺回路 1 0 1, 1 0 2, 1 0 3, ……を構成する各トランジスタに対するコンタクトホールを開口する。そして、このコンタクトホールを形成に用いたフォトレジストを除去する。次に、スパッタリング法又は電子ビーム真空蒸着法等により W 膜を厚さ 0. 5 μ m 程度に形成する。この上に、フォトリソグラフィ技術を用いて、フォトレジストのエッチングマスクを形成し、このエッチングマスクを用いて、これを RIE 法により、W 膜をパターンニングして、周辺回路 1 0 1, 1 0 2, 1 0 3, ……を構成する各トランジスタに対するコンタクトプラグを埋め込む。更に同時に、

図 1 5 (c) に示すように水平アドレス線 W_i 及び制御電極配線 C_i のパターンを形成する。図示を省略しているが、隣接する画素 (ピクセル) にも、同様に水平アドレス線 W_{i-1} , W_{i+1} , ……及び制御電極配線 C_{i-1} , C_{i+1} , ……が形成される。水平アドレス線 W_{i-1} , W_i , W_{i+1} , ……及び制御電極配線 C_{i-1} , C_i , C_{i+1} , ……と同時に、周辺回路等に対する金属配線も形成されるが、これらも

図示を省略している。このとき、ボロメータポリシリコン 4 1 と支持脚溝部 6 1 , 6 3 のそれぞれの内部に埋め込まれた第 1 検知部配線 5 1 及び第 2 検知部配線 5 2 とが W 膜で接続される。又、各画素の第 2 検知部配線 5 2 と水平アドレス線 W_{i-1} , W_i , W_{i+1} , ……とが互いに接続される。

【 0 0 5 1 】

(二) この後、図 1 5 (d - 1) に示すように、厚さ $0.5 \mu m \sim 1.5 \mu m$ 程度の酸化膜 3 3 及び厚さ $0.5 \mu m$ の窒化膜 3 4 を全面に C V D 法で堆積する。図 1 5 (d - 1) は、図 1 の A - A 方向から見た断面図である。酸化膜 3 3 及び窒化膜 3 4 とからなる複合膜は、検知部 $X_{i,j}$ においては、赤外線吸収層 4 2 として機能するが、周辺回路 1 0 1 , 1 0 2 , 1 0 3 , ……部では、層間絶縁膜として機能する。そして、フォトリソグラフィ技術を用いてパターニングされたフォトレジストをマスクにして、R I E 法若しくは E C R イオンエッチング法等により層間絶縁膜 3 3 , 3 4 をエッチングし、赤外線撮像装置の周辺回路 1 0 1 , 1 0 2 , 1 0 3 , ……の第 1 層金属配線、第 1 検知部配線 5 1 と垂直信号線 B_j のパターンとを接続するための接続金属 (プラグ) に対するバイアホールを開口する。次に、第 2 層金属配線として、スパッタリング法又は電子ビーム真空蒸着法等によりシリコンなどを含有するアルミニウム合金膜 ($Al-Si$, $Al-Cu-Si$) を厚さ $0.5 \mu m$ 程度に形成する。この上に、フォトリソグラフィ技術を用いて、フォトレジストのマスクを形成し、このマスクを用いて、これを R I E 法により、アルミニウム合金膜をパターニングして、周辺回路 1 0 1 , 1 0 2 , 1 0 3 , ……を構成する各トランジスタに対するバイアプラグと同時に、第 2 層金属配線として、図 1 5 (d - 2) に示すように、垂直信号線 B_{j+1} 及び制御電極 3 7 のパターンを同時に形成する。図 1 5 (d - 2) は、図 1 の B - B 方向から見た場合に相当し、図 1 5 (d - 1) に直交する方向の断面図である。以下の説明において、図 1 6 (e - 2) , (f - 2) は、同様に図 1 の B - B 方向から見た断面図であり、図 1 6 (e - 1) , (f - 1) は、同様に図 1 の A - A 方向から見た断面図である。図 1 5 (d - 2) において、図示を省略しているが、隣接する画素 (ピクセル) にも、同様に制御電極 3 7 及び垂直信号線 B_{j-1} , B_j , B_{j+2} , B_{j+3} , ……が形成されることは勿論である。し

たがって、それぞれの画素の第 1 検知部配線 5 1 の端部の上部と垂直信号線 B_{j-2} , B_{j-1} , B_j , B_{j+1} , B_{j+2} , B_{j+3} , ……とはバイアホールを介して電氣的に接続される。制御電極 3 7 及び垂直信号線 B_{j-1} , B_j , B_{j+1} , B_{j+2} , B_{j+3} , ……と同時に、周辺回路に対する金属配線も形成されるが、これらも図示を省略している。その後、この第 2 層金属配線や垂直信号線 B_{j-2} , B_{j-1} , B_j , B_{j+1} , B_{j+2} , B_{j+3} , ……のパターニングに用いたフォトレジストを除去する。

【 0 0 5 2 】

(ホ) そして、窒化膜 3 4、制御電極配線 3 7 及び第 2 層金属配線 B_{j-2} , B_{j-1} , B_j , B_{j+1} , B_{j+2} , B_{j+3} , ……の上に新たなフォトレジストを塗布する。更に、フォトリソグラフィ技術を用いてフォトレジストをパターニングする。このパターニングされたフォトレジストを用いて、R I E 法若しくは E C R イオンエッチング法等により、窒化膜 3 4 及び酸化膜 3 3 を選択的にエッチング除去し、溝部を形成する。更に、溝部を埋めるように、厚さ $1.5 \sim 3.0 \mu\text{m}$ の犠牲ポリシリコン膜 3 6 を堆積する。更に、CMP 法を用いて、図 1 6 (e-1) 及び (e-2) に示すように、犠牲ポリシリコン膜 3 6 の表面を平坦化する。

【 0 0 5 3 】

(ヘ) その後、フォトリソグラフィ技術及び R I E 法を用いた異なる深さのエッチングを選択的に繰り返すことにより、犠牲ポリシリコン膜 3 6 の表面に深さの異なる溝部を形成する。更に、各画素の制御電極 3 7 と垂直信号線 B_{j-1} , B_j , B_{j+1} , B_{j+2} , B_{j+3} , ……のそれぞれの間の位置の犠牲ポリシリコン膜 3 6 を選択的に窒化膜 3 4 が露出するまで除去しコンタクトホールを開口する。次に、第 3 層金属配線として、スパッタリング法又は電子ビーム真空蒸着法等によりアルミニウム合金膜 (Al-Si , Al-Cu-Si) を厚さ $0.5 \mu\text{m} \sim 1 \mu\text{m}$ 程度に形成する。この上に、フォトリソグラフィ技術を用いて、フォトレジストのマスクを形成し、このマスクを用いて、R I E 法により、アルミニウム合金膜をパターニングして、図 1 6 (f-1) 及び (f-2) に示すように、導電性可動部 $M_{i,j}$ のパターンを形成する。導電性可動部 $M_{i,j}$ のパターンは、

制御電極 3 7 と垂直信号線 B_{j+1} のパターンの間を支持部（支柱）とする片持ち梁構造である。同様に、導電性可動部 $M_{i,j-1}$, $M_{i,j+1}$, $M_{i,j+2}$, $M_{i,j+3}$, … のパターンは、各画素の制御電極 3 7 と垂直信号線 B_{j-1} , B_{j+1} , B_{j+2} , B_{j+3} , … のパターンの間を支持部（支柱）とする片持ち梁構造である。

【 0 0 5 4 】

（ト）その後、犠牲ポリシリコン膜 3 6 をシリコンエッチング液で除去し、このエッチングで露出した Si 基板 3 1 の表面の一部を、引き続きシリコンエッチング液で除去すれば、図 2 と同様な微少空洞領域 $Q_{i,j}$ が形成され、本発明の第 1 の実施の形態の変形例（第 1 の変形例）に係る赤外線撮像装置が完成する。この場合、本発明の「基体」は、Si 基板 3 1 とその上部の下地酸化膜 3 2 とで構成される。

【 0 0 5 5 】

図 1 7 に、第 1 の実施の形態の他の変形例（第 2 の変形例）に係る赤外線撮像装置を示す（図 1 の B - B 方向に沿った断面図に対応する。）。図 2 と異なり、微少空洞領域が Si 基板 3 1 とその上部の下地酸化膜 3 2 とで構成される基体の表面に浅く形成されている。このため、片持ち梁構造の導電性可動部 $M_{i,j}$ と検知部 $X_{i,j}$ とを接触状態にした状態では、検知部 $X_{i,j}$ が弾性変形で下方に沈み、その底部が Si 基板 3 1 に接触する。水平アドレス線 W_i に行選択パルス V_i が印加され、検知部 $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, $X_{i,j+1}$, … が選択されると、導電性可動部 $M_{1,j-1}$, $M_{1,j}$, $M_{1,j+1}$, … と検知部 $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, $X_{i,j+1}$, … とは非接触状態になる。この場合、図 1 7 に示すように、弾性で、検知部 $X_{i,j}$ の底部は Si 基板 3 1 から浮き上がり、検知部 $X_{i,j}$ の底部は Si 基板 3 1 と非接触状態となる。即ち、ブランキング状態では、熱抵抗を小さくし、より熱の流れを良好とすると同時に、導電性可動部 $M_{1,j-1}$, $M_{1,j}$, $M_{1,j+1}$, … と、対応する検知部 $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, $X_{i,j+1}$, … とがそれぞれ接触することによる応力変形が小さくなるので、機械的強度を維持することが出来、長寿命である。

【 0 0 5 6 】

（第 2 の実施形態）

本発明の第 1 の実施形態に係る熱型赤外線撮像装置においては、制御電極 3 7

は、検知部 $X_{i-1,j-1}$, $X_{i-1,j}$, \dots , $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, \dots を囲む支持基板（単結晶 S_i ）1 の表面に配置されていた。本発明の第 2 の実施形態に係る熱型赤外線撮像装置は、図 1 8 及び図 1 9 に示すように、制御電極 3 8 が検知部 $X_{i-1,j-1}$, $X_{i-1,j}$, \dots , $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, \dots の内部に配置されている点が第 1 の実施形態と異なる。又、第 2 の実施形態においては、基体が S_i 基板 3 1 とその上部の下地酸化膜 3 2 とで構成される場合で説明するが、SOI 構造の基体でも良いことは勿論である。

【 0 0 5 7 】

即ち、第 2 の実施形態に係る熱型赤外線撮像装置の機械的スイッチング素子は、基体（3 1, 3 2）の表面に配置された可動部配線 G_{j-2} , G_{j-1} , G_j , \dots に電氣的に接続され、且つ基体（3 1, 3 2）に固定端が固定され、この固定端側から検知部の上部に自由端が延在する片持ち梁構造の導電性可動部 $M_{i-1,j-1}$, $M_{i-1,j}$, \dots , $M_{i,j-1}$, $M_{i,j}$, \dots と、基体（3 1, 3 2）の表面に配置された制御電極配線 C_{i-1} , C_i , C_{i+1} , \dots に電氣的に接続され、且つ検知部の表面に配置された制御電極 3 8 とを備える。可動部配線 G_{j-2} , G_{j-1} , G_j , \dots を介して可動部に供給される電圧と、制御電極配線 C_{i-1} , C_i , C_{i+1} , \dots を介して制御電極 3 8 に供給される電圧を調整することにより、静電引力で、導電性可動部 $M_{i-1,j-1}$, $M_{i-1,j}$, \dots , $M_{i,j-1}$, $M_{i,j}$, \dots のそれぞれの自由端を検知部に接触若しくは、近接させる。第 2 支持脚 2 2 の内部には、熱電変換部 4 1 をそれぞれ水平アドレス線 W_{i-1} , W_i , W_{i+1} , \dots に接続する第 2 検知部配線 5 2 と共に、制御電極 3 8 と制御電極配線 C_{i-1} , C_i , C_{i+1} , \dots とを接続するための制御電極補助配線 5 3 が収納されている。

【 0 0 5 8 】

この様に制御電極 3 8 を検知部 $X_{i-1,j-1}$, $X_{i-1,j}$, \dots , $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, \dots 内に配置することにより、機械的スイッチング素子として機能する制御電極 3 8 及びこれに対向する導電性可動部 $M_{i-1,j-1}$, $M_{i-1,j}$, \dots , $M_{i,j-1}$, $M_{i,j}$, \dots の電極部分の有効面積が大きくなり、結果として低電圧での熱放散用スイッチ動作が可能となる。

【 0 0 5 9 】

(第 3 の実施形態)

図 2 0 に示すように、本発明の第 3 の実施形態に係る熱型赤外線撮像装置の平面構造は、第 1 の実施形態に係る熱型赤外線撮像装置と同様に、制御電極 3 7 が、検知部 $X_{i-1,j-1}$, $X_{i-1,j}$, \dots , $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, \dots を囲む S_i 基板 3 1 の表面に配置されている。即ち、第 3 の実施形態に係る熱型赤外線撮像装置の機械的スイッチング素子は、基体 (3 1, 3 2) の表面に配置された可動部配線 G_{j-2} , G_{j-1} , G_j , \dots に電氣的に接続され、且つ基体 (3 1, 3 2) に固定端が固定され、この固定端側から検知部の上部に自由端が延在する片持ち梁構造の導電性可動部 $M_{i-1,j-1}$, $M_{i-1,j}$, \dots , $M_{i,j-1}$, $M_{i,j}$, \dots と、基体 (3 1, 3 2) の表面に配置された制御電極配線 C_{i-1} , C_i , C_{i+1} , \dots に電氣的に接続され、且つ基体 (3 1, 3 2) の表面において固定端と自由端の間に配置された制御電極 3 7 とを備える。

【 0 0 6 0 】

しかし、図 2 1 に示す図 2 0 の B - B 方向に沿った断面構造から明らかなように、検知部 $X_{i,j}$ は、導電性可動部 $M_{i,j}$ の上方に配置され、赤外線を吸収する赤外線吸収層 4 2 と、導電性可動部 $M_{i,j}$ の下方に配置され、赤外線吸収層 4 2 において発生した熱を電気信号に変換する熱電変換部 4 1 と、赤外線吸収層 4 2 と熱電変換部 4 1 とを熱的に接続し、且つ赤外線吸収層 4 2 を熱電変換部 4 1 に対して機械的に支持する支持部 5 4 a, 5 4 b, 5 4 c, 5 4 d とを備える。即ち、各ピクセルの赤外線吸収層 4 2 が 4 本の支持部 5 4 a, 5 4 b, 5 4 c, 5 4 d で支えられた傘構造をなしている。但し、図 2 1 においては、4 本の支持部の内、5 4 a, 5 4 b のみが示され、断面 (紙面) より手前の支持部 5 4 c, 5 4 d は図示を省略している。図 2 0 においては、2 点鎖線 (想像線) で赤外線吸収層 4 2 で示し、赤外線吸収層 4 2 の下に接続される 4 本の支持部 5 4 a, 5 4 b, 5 4 c, 5 4 d の構造を明示している。

【 0 0 6 1 】

赤外線吸収層 4 2 は、熱電導率の高い 4 本の支持部 (導電性支持部) 5 4 a, 5 4 b, 5 4 c, 5 4 d 介して熱電変換部 4 1 に接続されている。第 3 の実施形態に係る熱型赤外線撮像装置においては、熱電変換部 4 1 の上部の酸化膜 3 3 a

、33b及び窒化膜34とからなる複合膜は、層間絶縁膜として機能しているに過ぎない。図21から明らかなように、片持ち梁構造の導電性可動部 $M_{i,j}$ は赤外線吸収層42と熱電変換部41の間に配置されている。

【0062】

第1の実施形態及び第2の実施形態では、金属性の導電性可動部 $M_{i-1,j-1}$ 、 $M_{i-1,j}$ 、……、 $M_{i,j-1}$ 、 $M_{i,j}$ が赤外線吸収層42の上に配置されているために照射された赤外線が導電性可動部 $M_{i-1,j-1}$ 、 $M_{i-1,j}$ 、……、 $M_{i,j-1}$ 、 $M_{i,j}$ で反射され、赤外線吸収率が低下してしまう。図20及び図21に示す第3の実施形態の構造においては、赤外線吸収層42が導電性可動部 $M_{i-1,j-1}$ 、 $M_{i-1,j}$ 、……、 $M_{i,j-1}$ 、 $M_{i,j}$ の上に位置するため、照射された赤外線はすべて赤外線吸収層42にて吸収することが可能となる。このため、第3の実施形態に係る熱型赤外線撮像装置の赤外線吸収率は、極めて高くなる。又、図20の2点鎖線（想像線）で示すように、赤外線吸収層42をSi基板31の上の領域まで、広い面積に張り出した構造とすることが可能となる。つまり、第3の実施形態に係る熱型赤外線撮像装置の各ピクセルの赤外線吸収の開口率は、第1及び第2の実施形態に比し、十分に増大させることが出来る。図20において、2点鎖線（想像線）の領域を互いに隣接するまで広げれば、赤外線の不感部となるデッドスペースを少なくすることも可能となる。

【0063】

（第4の実施形態）

図18及び図19に示した第2の実施形態に係る熱型赤外線撮像装置は、制御電極38を検知部 $X_{i-1,j-1}$ 、 $X_{i-1,j}$ 、……、 $X_{i,j-1}$ 、 $X_{i,j}$ ……内に配置し、機械的スイッチング素子として機能する制御電極38及びこれに対向する導電性可動部 $M_{i-1,j-1}$ 、 $M_{i-1,j}$ 、……、 $M_{i,j-1}$ 、 $M_{i,j}$ ……の電極部分の有効面積が大きくなり、結果として低電圧での熱放散用スイッチ動作が可能となる。しかし、図18に明らかなように、制御電極38が、各ピクセルの赤外線吸収の開口率を低下させている。

【0064】

図22に示す本発明の第4の実施形態に係る熱型赤外線撮像装置においては、

第 2 の実施形態に係る熱型赤外線撮像装置と同様に、制御電極 3 8 が検知部 $X_{i-1,j-1}$, $X_{i-1,j}$, \dots , $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, \dots 内に配置されている。しかし、各ピクセルの赤外線吸収層 4 2 が、第 3 の実施形態と同様に、4 本の支持部 5 4 a, 5 4 b, 5 4 c, 5 4 d で支えられた傘構造をなしている。図 2 3 においては、4 本の支持部の内、5 4 a, 5 4 b のみが示され、断面（紙面）より手前の支持部 5 4 c, 5 4 d は図示が省略されている。図 2 2 の 2 点鎖線（想像線）で示される領域が、赤外線吸収層 4 2 である。

【 0 0 6 5 】

第 3 の実施形態で説明したと同様に、赤外線吸収層 4 2 は、熱電導率の高い 4 本の支持部（導電性支持部）5 4 a, 5 4 b, 5 4 c, 5 4 d 介して熱電変換部 4 1 に接続されている。そして、片持ち梁構造の導電性可動部 $M_{i,j}$ は赤外線吸収層 4 2 と熱電変換部 4 1 の間に配置されている。つまり、赤外線吸収層 4 2 が導電性可動部 $M_{i-1,j-1}$, $M_{i-1,j}$, \dots , $M_{i,j-1}$, $M_{i,j}$ の上に位置するため、照射された赤外線はすべて赤外線吸収層 4 2 にて吸収することが可能となる。このため、第 4 の実施形態に係る熱型赤外線撮像装置の赤外線吸収率は、極めて高くなると同時に、低電圧での熱放散用スイッチ動作が可能となる利点を合わせ持つことが可能となる。

【 0 0 6 6 】

（第 5 の実施形態）

本発明の第 5 の実施の形態に係る赤外線撮像装置は、図 2 4 に示すように、複数の垂直信号線 B_{j-1} , B_j , B_{j+1} , \dots と、この複数の垂直信号線 B_{j-1} , B_j , B_{j+1} , \dots に対し垂直方向に伸延する複数の水平アドレス線 W_{i-1} , W_i , W_{i+1} , \dots により構成されたマトリクス内部に、それぞれ画素（ピクセル）を構成する検知部 $X_{i-1,j-1}$, $X_{i-1,j}$, \dots , $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, \dots が 2 次元配置されている。各画素の検知部 $X_{i-1,j-1}$, $X_{i-1,j}$, \dots , $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, \dots は、それぞれ対応する垂直スイッチングトランジスタ $T_{i-1,j-1}$, $T_{i-1,j}$, \dots , $T_{i,j-1}$, $T_{i,j}$, \dots を備え、それぞれ第 2 検知部配線 5 2 を介して互いに接続されている。即ち、各画素の検知部 $X_{i-1,j-1}$, $X_{i-1,j}$, \dots , $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, \dots の一方の電極は、それぞれ対応する垂直スイッチングトランジスタ

$T_{i-1,j-1}$, $T_{i-1,j}$, \dots , $T_{i,j-1}$, $T_{i,j}$, \dots のドレイン電極に接続されている。例えば、図 2 6 に示すように、各画素の検知部 $X_{i-1,j-1}$, $X_{i-1,j}$, \dots , $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, \dots が、p n 接合ダイオードで構成されているとすれば、p n 接合ダイオード $X_{i-1,j-1}$, $X_{i-1,j}$, \dots , $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, \dots の一方の電極（アノード電極）は、それぞれ対応する垂直スイッチングトランジスタ $T_{i-1,j-1}$, $T_{i-1,j}$, \dots , $T_{i,j-1}$, $T_{i,j}$, \dots のドレイン電極に、それぞれ第 2 検知部配線 5 2 を介して互いに接続されている。各画素の検知部 $X_{i-1,j-1}$, $X_{i-1,j}$, \dots , $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, \dots の他方の電極は、共通電位（例えば接地電位）に接続されている。垂直スイッチングトランジスタ $T_{i-1,j-1}$, $T_{i-1,j}$, \dots , $T_{i,j-1}$, $T_{i,j}$, \dots のゲート電極は、各行毎に、水平アドレス線 W_{i-1} , W_i , W_{i+1} , \dots に接続されている。垂直スイッチングトランジスタ $T_{i-1,j-1}$, $T_{i-1,j}$, \dots , $T_{i,j-1}$, $T_{i,j}$, \dots のソース電極は、各列毎に、垂直信号線 B_{j-1} , B_j , B_{j+1} , \dots に接続されている。更に、垂直信号線 B_{j-1} , B_j , B_{j+1} , \dots と平行して、可動部配線 G_{j-2} , G_{j-1} , G_j , \dots が走行している。又、水平アドレス線 W_{i-1} , W_i , W_{i+1} , \dots と平行して、制御電極配線 C_{i-1} , C_i , C_{i+1} , \dots が走行している。

【 0 0 6 7 】

図 2 5 (a) は、図 2 4 の A - A 方向に沿った断面図で、図 2 5 (b) は、図 2 4 の B - B 方向に沿った断面図で、検知部 $X_{i,j}$ が、微少空洞領域 $Q_{i,j}$ の内部に中空状態で収納されていることが示されている。この中空構造は、検知部 $X_{i,j}$ を S i 基板 3 1 から熱的分離状態にするために形成されている。図 2 4 及び図 2 5 (a) に示すように、各ピクセルを構成する検知部 $X_{i,j}$ は、S i 基板 3 1、及び S i 基板 3 1 の上部の下地酸化膜 3 2 に対して、熱的抵抗の大きな第 1 支持脚 2 1 及び第 2 支持脚 2 2 により中空状態で支持し、熱的分離状態を維持している。微少空洞領域 $Q_{i,j}$ は、S i 基板 3 1 の一部を選択的に除去した凹部の底部に逆ピラミッド形状に構成されている。S i 基板 3 1 の表面の一部には、垂直スイッチングトランジスタ $T_{i,j}$ のソース領域 7 1 及びドレイン領域 7 2 が形成されている。ソース領域 7 1 とドレイン領域 7 2 の間に位置する下地酸化膜 3 2 内部に垂直スイッチングトランジスタ $T_{i,j}$ のゲート電極 7 3 が埋め込まれてい

る。図 2 4 に示す検知部 $X_{i-1,j-1}$, $X_{i-1,j}$, \dots , $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, \dots は、それぞれ、図 2 5 に示すように、入射赤外線を吸収し熱に変換する赤外線吸収層 4 2 と、赤外線吸収層 4 2 で発生した熱による温度変化を電気信号に変換する熱電変換部 4 1 を含んでいる。熱電変換部 4 1 は、ポリシリコン層の表面に不純物を選択的にドーピングした p n 接合ダイオードを集積化した構造である。ポリシリコン層 4 1 の底面と側面を、それぞれ酸化膜からなる鞘層 3 5 が覆っている。p n 接合ダイオードの代わりに、ドーピングポリシリコン、 VO_2 、Ti 等のボロメータが採用可能である。熱電変換部 4 1 の上には、層間絶縁膜 3 3 としての酸化膜が配置されている。この酸化膜 3 3 の上部には窒化膜 3 4 が配置されている。酸化膜 3 3 と、この上部の窒化膜 3 4 とからなる複合膜で、赤外線吸収層 4 2 が構成されている。赤外線吸収層 4 2 は、熱電変換部 4 1 と実質的に同一の形状で配置されている。

【 0 0 6 8 】

図 2 4 及び図 2 5 (a) に示すように、第 1 支持脚 2 1 の内部には熱電変換部 4 1 を共通電位（接地電位）に接続する第 1 検知部配線 5 1、第 2 支持脚 2 2 の内部には熱電変換部 4 1 を垂直スイッチングトランジスタ $T_{i,j}$ のドレイン電極に i に接続する第 2 検知部配線 5 2 が埋め込まれている。第 1 検知部配線 5 1 及び第 2 検知部配線 5 2 は、W、Ti、Co、Mo 等の高融点金属、これらのシリサイド等、或いはこれらのシリサイドを用いたポリサイドで構成しても良い。

【 0 0 6 9 】

更に、図 2 4 及び図 2 5 (b) に示すように、各ピクセルには、制御電極 3 7 が設けられている。各ピクセルの制御電極 3 7 は、制御電極補助配線 5 3 を介して、それぞれ制御電極配線 C_{i-1} , C_i , C_{i+1} , \dots に接続され、制御電極配線 C_{i-1} , C_i , C_{i+1} , \dots を介して電圧が印加される。図 2 5 (b) に示すように、各ピクセルの制御電極 3 7 に対向して、片持ち梁構造の導電性可動部 $M_{i-1,j-1}$, $M_{i-1,j}$, \dots , $M_{i,j-1}$, $M_{i,j}$, \dots が設けられ、導電性可動部 $M_{i-1,j-1}$, $M_{i-1,j}$, \dots , $M_{i,j-1}$, $M_{i,j}$, \dots は、可動部配線 G_{j-2} , G_{j-1} , G_j , \dots に接続されている。導電性可動部 $M_{i-1,j-1}$, $M_{i-1,j}$, \dots , $M_{i,j-1}$, $M_{i,j}$, \dots は、それぞれ Si 基板 3 1 の上部の下地酸化膜 3 2、酸化膜 3 3

、窒化膜 3 4 からなる積層構造の表面に固定端が固定され、この固定端側から検知部 $X_{i-1,j-1}$, $X_{i-1,j}$, \dots , $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$ の上部に自由端が延在する構造である。制御電極 3 7、導電性可動部 $M_{i-1,j-1}$, $M_{i-1,j}$, \dots , $M_{i,j-1}$, $M_{i,j}$ により、機械的スイッチング素子が構成されている。この導電性可動部 $M_{i-1,j-1}$, $M_{i-1,j}$, \dots , $M_{i,j-1}$, $M_{i,j}$, \dots は Al, Cu, Ti, TiN, W などの導電性材料が適当である。

【 0 0 7 0 】

図 2 5 は、水平アドレス線 W_i に行選択パルス V_i が印加されている状態における検知部 $X_{i,j}$ の選択状態を示している。行選択パルス V_i が印加される直前のブランキング状態では、制御用電極配線 C_i に制御用電極電圧 V_{+L_i} を印加することにより、片持ち梁構造の導電性可動部 $M_{i,j}$ を撓ませ、導電性可動部 $M_{i,j}$ の自由端と検知部 $X_{i,j}$ を接触状態にし、検知部 $X_{i,j}$ に蓄積された熱を熱伝導で放出する。導電性可動部 $M_{i,j}$ の自由端と検知部 $X_{i,j}$ とを接触状態にすると、導電性可動部 $M_{i,j}$ の自由端を介して検知部 $X_{i,j}$ の熱は Si 基板 3 1 に一瞬にして熱伝導で移動し、検知部 $X_{i,j}$ の温度は自己過熱する前の温度に安定する。導電性可動部 $M_{i,j}$ の自由端と検知部 $X_{i,j}$ との接触状態が解除された選択状態では、赤外線吸収層 4 2 に赤外線が照射されると、その赤外線強度に対応して赤外線吸収層 4 2 の温度が上昇する。

【 0 0 7 1 】

図 2 6 の等価回路において、導電性可動部 $M_{i-1,j-1}$, $M_{i-1,j}$, \dots , $M_{i,j-1}$, $M_{i,j}$ で代表して、機械的スイッチング素子を表示している。図 2 6 に示される抵抗 $r_{i-1,j-1}$, $r_{i-1,j}$, \dots , $r_{i,j-1}$, $r_{i,j}$ は、図 2 5 に示した赤外線吸収層 4 2 の有する熱抵抗及び導電性可動部 $M_{i-1,j-1}$, $M_{i-1,j}$, \dots , $M_{i,j-1}$, $M_{i,j}$ を赤外線吸収層 4 2 に接触させたときの熱的コンタクト抵抗の合計となる熱抵抗を表す。導電性可動部 $M_{i-1,j-1}$, $M_{i-1,j}$, \dots , $M_{i,j-1}$, $M_{i,j}$ を赤外線吸収層 4 2 に接触させたとき、図 2 5 に示すように、大部分の熱は窒化膜 3 4、酸化膜 3 3 を介して、基体 (3 1, 3 2) に流れるが、この熱の流れは、図 2 6 の等価回路においては、図示を省略している。図 2 6 の等価回路において、例えば、1 / 6 0 秒間隔で水平アドレス線 W_1 , W_2 , \dots , W_{i-1} , W_i

, W_{i+1} , ……に 20μ 秒間、行選択パルス V_1 , V_2 , ……., V_{i-1} , V_i , V_{i+1} , ……が印加されているとする。水平アドレス線 W_1 に行選択パルス V_1 が印加される 10μ 秒前まで、制御用電極配線 C_1 に制御用電極電圧 V_{+L1} を印加し、導電性可動部 $M_{1,j-1}$, $M_{1,j}$, $M_{1,j+1}$, ……と検知部 $X_{1,j-1}$, $X_{1,j}$, $X_{1,j+1}$, ……とを接触状態にして、自己過熱する前の温度に設定しておく。そして、水平アドレス線 W_1 に行選択パルス V_1 の印加される 10μ 秒前に、制御電極 37 に接続している制御用電極配線 C_1 に $0V$ を印加することにより導電性可動部 $M_{1,j-1}$, $M_{1,j}$, $M_{1,j+1}$, ……と検知部 $X_{1,j-1}$, $X_{1,j}$, $X_{1,j+1}$, ……との接触を解除する。導電性可動部 $M_{1,j-1}$, $M_{1,j}$, $M_{1,j+1}$, ……に接続している可動部配線 G_{j-1} , G_j , G_{j+1} , ……には、一定電圧 $0V$ が印加されている。そして、検知部 $X_{1,j-1}$, $X_{1,j}$, $X_{1,j+1}$, ……への赤外線照射により、検知部 $X_{1,j-1}$, $X_{1,j}$, $X_{1,j+1}$, ……の温度を上昇させる。この状態で、水平アドレス線 W_1 に行選択パルス V_1 が印加され、水平アドレス回路 102 により水平選択トランジスタ S_{j-1} , S_j , S_{j+1} , ……が順次選択されると、垂直信号線 B_{j-1} , B_j , B_{j+1} , ……を介して、検知部 $X_{1,j-1}$, $X_{1,j}$, $X_{1,j+1}$, ……の信号が、時系列で水平信号線 104 に読み出される。

【0072】

この様に、第5の実施の形態に係る赤外線撮像装置によれば、機械的スイッチング素子を用いることにより、熱電変換部 41 にパルス電圧を印加する際に生じる自己加熱による検知部 $X_{i-1,j-1}$, $X_{i-1,j}$, ……., $X_{i,j-1}$, $X_{i,j}$, ……の温度上昇を、リセットすることが可能となる。したがって、フレームレートを更に増加することが可能となり、高感度で高いレスポンスを有する熱型赤外線撮像装置を提供出来る。又、フレームレートを上昇させても、自己加熱現象により発生した検知部での熱上昇がブランキング時間により十分低下することが可能であるので、熱破壊現象も回避出来る。

【0073】

(その他の実施の形態)

上記のように、本発明は第1～第5の実施の形態によって記載したが、この開示の一部をなす論述及び図面はこの発明を限定するものであると理解すべきでは